

**Untersuchungen an Gensen (*Rupicapra rupicapra*)
über den Ablauf des Fermentationsgeschehens
insbesondere die Bildung kurzkettiger
Fettsäuren im Vormagensystem**

Hugo Kellner

1976

Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem Institut für Physiologie, Physiologische
Chemie und Ernährungsphysiologie im Fachbereich
Tiermedizin der Universität München

Arbeit angefertigt unter Leitung von
Prof.Dr.Dr.Dr.h.c.mult. J.Brüggemann

Untersuchungen an Gensen (*Rupicapra rupicapra*)
über den Ablauf des Fermentationsgeschehens
insbesondere die Bildung kurzkettiger
Fettsäuren im Vormagensystem

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde des
Fachbereichs Tiermedizin der Ludwig-Maximilians-
Universität München

von
Hugo Kellner
aus
Regensburg

München 1976

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs
Tiermedizin der Universität
München

Dekan: Prof. Dr.B.Vollmerhaus
Referent: Prof. Dr.Dr.Dr.h.c.mult.J.Brüggemann
Korreferent: Prof. Dr.D.Giesecke

Tag der Promotion: 27. Februar 1976



DISSERTATIONS- UND FOTODRUCK FRANK oHG
8 München 2, Gabelsbergerstraße 15, Tel. 2 8 0 9 0 9 0

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	Seite
1. E I N L E I T U N G	1
2. L I T E R A T U R	2
2.1. Kurzketttige Fettsäuren im Stoffwechsel der Wiederkäuer	2
2.2. Über Gärungsprozesse im Vormagen wildlebender Wiederkäuer und deren energetische Bedeutung	8
3. P R O B L E M S T E L L U N G	17
4. M A T E R I A L U N D M E T H O D E N	19
4.1. Material	19
4.2. Methoden	22
4.2.1. Probengewinnung	22
4.2.2. Inkubation des Panseninhalts in vitro zur Ermittlung der Produktion kurzkettiger Fettsäuren	23
4.2.3. Quantitative Extraktion der kurzkettigen Fettsäuren	23
4.2.3.1. Vorversuche an Schafen	24
4.2.4. Endgültige Methode	26
4.2.5. Gaschromatographische Bestimmung	26
4.2.6. Auswertung der Produktionsraten kurzkettiger Fettsäuren	28
4.2.7. Mathematisch-statistische Auswertung der Ergebnisse	28
5. E R G E B N I S S E	30
5.1. Zeiten der Probenahme, Messung der Körpergewichte und des Panseninhalts der erlegten Gemsen	30

	Seite
5.1.1.	Zeiten der Probenahme 30
5.1.2.	Körpergewichte 30
5.1.3.	Gewicht des Panseninhalts 31
5.2.	Konzentration kurzkettiger Fettsäuren und Acidität im Pansen 37
5.2.1.	Konzentration kurzkettiger Fettsäuren je kg Pansenmasse 37
5.2.2.	Gesamtmenge kurzkettiger Fettsäuren im Pansen 37
5.2.3.	Wasserstoffionenkonzentration im Panseninhalt 38
5.3.	Gärungsmuster der kurzkettigen Fettsäuren und Acetat/Propionat-Verhältnis im Panseninhalt 44
5.3.1.	Gärungsmuster der kurzkettigen Fettsäuren 44
5.3.2.	Acetat/Propionat-Verhältnis 44
5.4.	Produktion kurzkettiger Fettsäuren und Energiegewinn aus deren Gesamtproduktion 51
5.4.1.	Produktionsraten kurzkettiger Fettsäuren 51
5.4.2.	Gesamtproduktion kurzkettiger Fettsäuren im Pansen 51
5.4.3.	Kalorisches Äquivalent 52
6.	D I S K U S S I O N 57
7.	Z U S A M M E N F A S S U N G 66 S U M M A R Y
8.	L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S 70

1. EINLEITUNG

Durch Fossilienfunde ist das vorgeschichtliche Vorkommen von Gamsen für fast ganz Europa belegt. Heute erstreckt sich ihr Lebensraum auf die meisten europäischen Hochgebirge, wobei die Alpen den Großteil des Gamswildes beherbergen. Anteilmäßig nimmt es an der Gesamtzahl des Wildes in Deutschland nur einen unbedeutenden Platz ein. Einer Statistik zufolge (DJV Handbuch 1974) macht der Erlös des Gamswildbrets nur 0,2% der Gesamtstrecke im Jagdjahr 72/73 in der Bundesrepublik aus (Rotwild z.B. 9,1%).

Diese Zahlen verdeutlichen, warum dem Gamswild in der Vergangenheit nur geringes wissenschaftliches Interesse entgegengebracht wurde. Zu den wenigen umfassenden Werken, die uns vorliegen, gehören "Das Gamswild" von Knaus und Schröder (1975) und die darin teilweise eingegangene Ökologie des Gamswildes von Schröder (1971), sowie "Das Gamsbuch" von Fuschlberger und Nerl (1969). Daneben interessierten bisher lediglich Gesichtspunkte der Räudebekämpfung, einer Seuche, von welcher gerade dieses Wild arg geplagt wird (vergl. Boch und Nerl, 1966).

Die Möglichkeit, an dieser noch so wenig bekannten Wildart zu arbeiten, führte zu den Exkursionen, in deren Verlauf die folgenden Untersuchungen vorgenommen wurden. Der Weg, auf dem sich für den Wildbiologen am ehesten Einblick in den Verdauungsstoffwechsel eines Wiederkäuers finden läßt, ist die Untersuchung des Pansens. Besonders die Kenntnis des bakteriellen Nahrungsabbaus mit der Bildung kurzkettiger Fettsäuren, waren Ziel der vorliegenden Arbeit, die an hiermit bereits von Brüggemann et al. (1967) erfolgte Untersuchungen anknüpft.

2. L I T E R A T U R

2.1. Kurzketttige Fettsäuren im Stoffwechsel der Wiederkäuer

Über die große Bedeutung, die der Verdauung im Pansen im Rahmen der Gesamtverdauung beim Wiederkäuer zukommt, liegen uns eine Reihe von Arbeiten vor, die von Stewart et al. (1958), Hungate (1966) und Church (1969) in Form von Übersichtsreferaten zusammengefaßt sind.

Bereits 1874 konnte Wildt, unter Verwendung von Kieselsäure als unverdaulichem Indikator, den Pansen als Verdauungsorgan kennzeichnen. Die Feststellung von flüchtigen Fettsäuren, als charakteristische Stoffwechselprodukte im Panseninhalt, gelang erstmals Tappeiner 1884. In einer der jüngsten Monographien geben Demeyer und Giesecke (1973) eine umfassende Übersicht über den Abbau der Kohlenhydrate und deren Vergärung im Pansen. Das vom Wiederkäuer verzehrte Futter besteht zu etwa 75% aus Kohlenhydraten. Sie liegen vor als pflanzliche Zellwandbestandteile (Zellulose, Hemizellulose, Pektine und Fructosane), in Form von Stärke und schließlich als Zucker (Mono, - Di - und Oligosaccharide). Diese Kohlenhydrate bilden die überwiegende Energiequelle für die mikrobielle Vormagenpopulation der Wiederkäuer. Die Pansenmikroorganismen übernehmen die gesamte enzymatische Vormagenverdauung. Sie kann bei Rindern mit ausschließlicher Luzerneheufütterung 85% der gesamten verdaulichen Trockenmasse betragen (Hale et al., 1947). Yadava und Bartley (1964) fanden bei gleicher Fütterung hierfür Werte von 69%. Für Schafe ermittelte Gray (1947) einen Abbau von 70% der verdaulichen Zellulose im Pansen-Haubenraum. Auch bei Ziegen (Kameoka, Morimoto 1959)

werden hier 81 - 100% der verdaulichen Rohfaser umgesetzt. In der Reihe der Kohlenhydrate werden Zucker und Fructosane am schnellsten abgebaut. Die Geschwindigkeit des Stärkeabbaus hängt weitgehend von der Zusammensetzung der mikrobiellen Vormagenpopulation ab (Demeyer und Giesecke, 1973). Die längste Zeit nimmt die Umsetzung pflanzlicher Zellwandbestandteile in Anspruch, die weitgehend von der Pansenmotorik und der optimalen Adaptation der Mikroorganismen beeinflusst wird (Demeyer und Giesecke, 1973). Als Verdauungsendprodukte entstehen in unterschiedlichem Maß die kurzkettigen Fettsäuren (KFS) Essigsäure (Acetat = Ac), Propionsäure (Propionat = Pr), i+n Buttersäure (i+n Butyrat = i+n Bu) und i+n Valeriansäure (i+n Valerianat = i+n Va) und partiell auch Milchsäure, daneben als Gase Kohlendioxyd (CO_2) und Methan (CH_4).

Die im Pansen als Folge des Ablaufs der Verdauungsprozesse vorliegende Konzentration der kurzkettigen Fettsäuren hängt ab von der Masse des aufgenommenen Futters, den Fütterungsintervallen, der Aktivität der Mikroorganismen und der Resorptionsgeschwindigkeit der kurzkettigen Fettsäuren (Demeyer und Giesecke, 1973). Sie beträgt unter den meisten Fütterungsbedingungen 80 - 120 mMol/l (Bath und Rook, 1965). Das molare Verhältnis der einzelnen kurzkettigen Fettsäuren zueinander steht in Bezug zu Art und Struktur des Futters. Bei Tieren, die übliche, wiederkäuergerechte Ratios erhalten, liegt das Acetat/Propionat (Ac/Pr)-Verhältnis etwa bei 3,5 - 4 (Giesecke, 1967). Eine Reihe von Versuchen (Balch und Rowland, 1957, Colenbrandner et al., 1967, Giesecke, 1967), zeigte, daß grundsätzlich das Verhältnis Ac/Pr durch Futterrationen mit erhöhtem Gehalt an Getreide- bzw. Stärkeprodukten erniedrigt wird. Bei weniger zellulosereicher Fütterung und vermehrter Stärkezulage nimmt jedoch nicht die Produktion

von Essigsäure ab, sondern die Erzeugung von Propionsäure steigt erheblich stärker an, als die ebenfalls erhöhte Acetatbildung. Das Sinken des Ac/Pr-Verhältnisses bewirkt eine zunehmende Instabilität des gesamten Gärungsmusters (Giesecke, 1967). Ein Anstieg des Buttersäureanteils wird durch zuckerhaltige Bestandteile (Rüben) der Ration erreicht (Kaufmann und Rohr, 1967). Auch Leng und Brett (1966) zeigten an Schafen mit Pansenfisteln, die definierte Futterrationen erhielten, die Abhängigkeit von Konzentration, molarem Verhältnis und Produktion kurzkettiger Fettsäuren von einer verabreichten Diät. Sie fütterten je 3 Tiere in 4 Versuchsgruppen mit Rationen, die sich in Struktur und chemischer Zusammensetzung unterschieden, mit folgendem Ergebnis:

Tabelle 1

Fütterungsversuch nach Leng und Brett (1966)

Versuchs- gruppe	Ac	Pr	Bu	KFS-Konzentration (mMol/l)	KFS-Gesamt- Produktion (mMol/min)
	(Mol%)				
A	67,5	18,5	8,2	153,3	6,1
B	58,0	21,7	13,4	128,1	3,9
C	61,2	22,4	10,3	81,8	2,8
D	73,2	19,8	4,4	68,7	1,7

Alle Werte sind Mittelwerte der jeweiligen Versuchsgruppe.

- A 800 g gehäckselte Luzerne
- B 400 g Mais und 200 g gehäckselte Luzerne
- C 300 g Mais und 300 g gehäckselte Luzerne
- D 450 g gehäckseltetes Weizenstroh und
50 g Luzerne

Wie Leng, mißt auch Rook (1964) der Struktur des verabreichten Futters entscheidende Bedeutung für das molare Verhältnis der kurzkettigen Fettsäuren bei, nämlich mindestens ebenso große, wie seiner chemischen Beschaffenheit.

Nach dem Abbau zu kurzkettigen Fettsäuren folgt als nächster, genau so wesentlicher Schritt für den Wiederkäuer, deren Resorption aus dem Pansen. Nach Hörnicke (1964) ist die Resorption kurzkettiger Fettsäuren durch die Pansenwand, in Form von undissoziierten Molekülen oder Anionen, keine reine Diffusion entlang eines Konzentrationsgefälles Pansen-Blut. Sie werden zwar entsprechend ihrer Konzentration, darüber hinaus aber über einen Trägermechanismus resorbiert, der Sättigung erreichen kann. Die relative Resorptionsgeschwindigkeit bei pH 6,3 gibt er an mit $Ac : Pr : Bu = 1:1,19 : 1,31$.

Die Resorption von undissoziierten Säuremolekülen erfolgt rascher, als die von Anionen. Da bei einem relativ niedrigen pH-Wert die Zahl undissoziierter Moleküle zunimmt, wird auch der bei niedrigen pH-Werten raschere Abtransport erklärbar (Stevens, 1970). Sowohl für die Gärungsprozesse, als auch für die Resorption der kurzkettigen Fettsäuren, ist der Umfang der Speichelsekretion von Bedeutung. Nach Kay (1966) ist die alkalische Wirkung des Speichels nicht ausreichend, (um bei einem pH-Wert von 5,5 - 7,3) die Säuren im Pansen zu puffern. Die Speichelalkalien scheinen zwar in erster Linie eine Übersäuerung des Panseninhalts, in Gegenwirkung zum Anstieg der Gärungssäuren nach dem Füttern, zu verhindern, die Masse der kurzkettigen Fettsäuren bleibt aber unneutralisiert. Während oder nach der Resorption wer-

den sie rasch metabolisiert und bringen so das Säure-Basenverhältnis im Körper nicht aus dem Gleichgewicht.

Nach der Resorption gelangen die kurzkettigen Fettsäuren zur weiteren Verwendung für den Körper auf dem Weg über die Mesenterialvenen und die Pfortader in die Blutbahn und die Leber. Acetat mündet in den peripheren Stoffwechsel als Energieträger und dient daneben zur Lipogenese (Popjak et al., 1951). Propionat wird größtenteils in der Leber zurückgehalten und zur Gluconeogenese und Glykogensynthese verwendet (Leng et al., 1967). Der Weg, den Butyrat nimmt, weicht insofern ab, als dieses bereits im Pansenepithel zu 70 - 100% in den Ketonkörper β -Hydroxybutyrat umgewandelt wird und als solcher ebenfalls der Lipogenese dient (Hodson et al., 1965). In höheren Konzentrationen trägt es jedoch zur Ketogenese bei.

Die kurzkettigen Fettsäuren liefern bei der Verbrennung einen bestimmten Energiebetrag (Ac 209, Pr 367, Bu 524, Va 682, Kcal/Mol), (Blaxter, 1962), der dem Körper nur zum Teil, in Form energiereicher Verbindungen (z.B. ATP), zur Verfügung steht. Die aus den kurzkettigen Fettsäuren durch Oxydation zu CO_2 und H_2O frei werdende Energie deckt nach Carroll und Hungate (1954) 70 - 80% des Energiebedarfs eines Wiederkäuers. Um unter Einbeziehung der Kenntnis entsprechender Energieäquivalente Schlüsse auf die aus der Pansenmasse gewinnbare Energie ziehen zu können, ist die Messung der Höhe der Produktionsraten kurzkettiger Fettsäuren unumgänglich. Die Bestimmung der Produktionsraten kann durch in vivo- und in vitro-Untersuchungsmethoden erfolgen. In vivo-Methoden lassen exakt vorausbestimmbare Versuchsanordnungen zu, bedingen jedoch in der Regel einen größeren Arbeitsaufwand mit empfindlichen Techniken.

Aus diesem Grund ist ihre Anwendung im Gelände nahezu ausgeschlossen und bleibt im wesentlichen auf zahme, also jederzeit greifbare Tiere beschränkt.

Henderickx und Giesecke (1973) beschreiben zusammenfassend die verschiedenen Arbeitsmöglichkeiten: zur Durchführung von in vivo-Versuchen werden bevorzugt Tiere mit Pansenfisteln verwendet. Besondere Bedeutung räumen sie der Messung der Produktion kurzkettiger Fettsäuren mittels der Isotopenverdünnungstechnik mit ^{14}C markierten Säuren ein. Eingebraachte Markierungssubstanzen wie diese müssen jedoch im Panseninhalt rasch durchmischt werden, da die dauernd ablaufende Futterumsetzung und Resorption im Pansen auch deren Konzentration abnehmen läßt.

Die meisten Studien über die Produktion kurzkettiger Fettsäuren im Pansen, beruhen auf der in vitro-Inkubation von Panseninhalt. Der Hauptgrund hierfür ist die Einfachheit und bequeme Durchführbarkeit der Versuche, die auch ein Arbeiten in Außenstationen erlaubt. Als Nachteil muß eine Vereinfachung der vielfältigen Verhältnisse im Pansen hingenommen werden, die unter Umständen eine Beeinflussung von Versuchsergebnissen nach sich ziehen könnte.

Zur Anwendung kommen Apparaturen mit geschlossenen, semipermeablen oder offenen Systemen. Bei allen diesen Verfahren ragt die Bestimmung der Produktion kurzkettiger Fettsäuren, mittels integrierter Anfangsraten, im geschlossenen System heraus. In einer vergleichenden Studie über die Aussagekraft aller verwendbaren Methoden räumt Warner (1964) dieser, von Carroll und Hungate (1954) entwickelten Tech-

nik, die größte Zuverlässigkeit ein, da sie einfach und bequem ist und mit ihren kurzen Inkubationszeiten relativ zuverlässig erscheint. Es wird hierbei Panseninhalt nach der Entnahme *in vitro* bebrütet und die Konzentration der kurzkettigen Fettsäuren vor und während der Inkubation gemessen. Die Zunahmen der kurzkettigen Fettsäuren werden mathematisch oder graphisch auf linearen Verlauf extrapoliert und geben dann die jeweiligen Produktionsraten an.

2.2. Über Gärungsprozesse im Vormagen wildlebender Wiederkäuer und deren energetische Bedeutung

Wie bei allen Wiederkäuern, so ist auch bei den wildlebenden, die Kenntnis des Ablaufs der Verdauungsprozesse im Pansen, Ausgangspunkt für eine Reihe weitergehender Überlegungen im Rahmen des gesamten Stoffwechselgeschehens. Ein Einblick in diese Vorgänge gestaltet sich bei freilebenden Wiederkäuern schon auf Grund der Unkontrollierbarkeit von Umfang und Art der Futteraufnahme schwieriger, als bei Hauswiederkäuern.

Von Fuschlberger und Nerl (1969) wissen wir, daß Gamsen im Sommer auf Almflächen gewöhnlich die gleichen Pflanzen bevorzugen, wie frei weidende Rinder. Nach Drescher-Kaden (1975) besteht ihre Hauptnahrung im Sommer aus Gräsern (ca. 50%), gefolgt von krautigen Pflanzen, dann Sträuchern und Zwergsträuchern. Anhand von Weender Analysen ermittelte sie einen hohen Rohprotein- (29%) und einen niedrigen Rohfasergehalt (22%) im aufgenommenen Futter. Ähnliche Werte

für die pflanzliche Zusammensetzung der Äsung fanden Ondersheka und Jordan (1974): Süßgräser 26%, Sauergräser 18%, Kräuter 12%, Nadelholzarten 16%.

Im Winter hält sich Gamswild bevorzugt an Stellen auf mit nur geringer Schneelage, also auf Bergrücken und -graten. Nur so kann es unter dem Schnee liegende Äsung erreichen. Ansonsten bleibt ihm nur die Aufnahme von Baumflechten und das Verbeißen erreichbarer Triebe von Bäumen und Sträuchern, wie Latsche, Tanne, weichblättrige Weiden, Eberesche usw. (Schröder, 1971). Die Untersuchung des Panseninhalts von Wintergemsen zeigt einen hohen Nadelholzanteil (fast 35%), während der Grasanteil sinkt (40%). Die Werte für Rohprotein- und Rohfasergehalt liegen bei 16% und 35%, (Drescher-Kaden, 1975). Ondersheka und Jordan (1974) ermittelten eine Pflanzenzusammensetzung in der Nahrung von: Süßgräser 6%, Sauergräser 25%, Kräuter 2%, Nadelholzarten 45%.

Menge und Beschaffenheit der aufgenommenen Nahrung sind entscheidend für die Dichte und Zusammensetzung der mikrobiellen Population im Pansen, die ein Zustandekommen ruminaler Gärungsvorgänge erst ermöglicht. Die Gesamtzahl Bakterien im Panseninhalt bei Gemen wird von Brüggemann et al. (1967) mit $10,9 - 18,6 \times 10^9/g$ angegeben. Sie ist, bei im Sommer (3) und Winter (8) untersuchten Tieren gleich, liegt aber unter den Mittelwerten von Rotwild ($17 - 33 \times 10^9/g$) und Reh ($21 - 48 \times 10^9/g$), (Brüggemann et al., 1967). Im Gegensatz dazu fand Drescher-Kaden (1975) wesentlich höhere Werte für Gemen. Bei 92 im Sommer untersuchten Tieren kam sie auf ein Mittel von $50 \times 10^9/g$ und bei 24 Wintertieren auf $40 \times 10^9/g$. Die Zahlen von

Brüggemann, bezüglich Rotwild und Reh, stimmen annähernd mit Werten bei Hauswiederkäuern unter vergleichbaren Ernährungsbedingungen überein. Bei Gamswild, Rotwild und Reh herrschen Gram-negative Kokken und Stäbchen, sowie Formen von Selenomonas, Oscillospira, Borrelia und Rosetten vor. Das gleiche gilt auch für den Weißwedelhirsch, bei dem die Gesamtzahl an Pansenbakterien bei $21,0 \times 10^9/g$ Panseninhalt liegt (Brüggemann et al., 1972). Die Bedeutung der Protozoen für den Pansenstoffwechsel ist unsicher. Sie können bei wildlebenden Wiederkäuern zeitweise sogar fehlen, z.B. beim Reh. In diesem Fall erhöht sich die Zahl der Bakterien beträchtlich (Brüggemann et al., 1963). Der Pansen von Gemsen beherbergt eine große Zahl Protozoen. Drescher-Kaden (1975) fand $1450 \times 10^3/g$ im Sommer und ca. $700 \times 10^3/g$ im Winter, bei einer ebenso vielfältigen Artenverteilung (besonders Entodinia, Diplodinia, Epidinia). Wird den Pansenmikroorganismen über einen bestimmten Zeitraum ihr Nährsubstrat entzogen, d.h. leidet das Wildtier Hunger, so können sie absterben, oder aber sie verfügen über nur so geringe Energiereserven, daß sie später angebotene Nahrung nicht mehr aufschließen können (Nagy et al., 1967). Solche Extreme mögen bei Gamsböcken, die sich während der in den Winter fallenden Brunftzeit zu stark verausgaben, auftreten. Im Gegensatz zu Nagy fanden Calesta et al. (1974) keine entscheidende Beeinträchtigung der Pansenbakterien bei Maultierhirschen, denen über einen Zeitraum von 16 - 47 Tagen, bis zum Verenden, die Nahrung entzogen wurde.

Art, Zahl und Aktivität der Mikroorganismen beeinflussen entscheidend den Umfang der Pansenfermentation. Für Rotwild, Damwild und Reh wiesen Prins und

Geelen (1971) einen in der Reihenfolge sich mindern-
den Zelluloseabbau im Pansen nach. Der Stärkeabbau in
den untersuchten Pansenproben war beim Reh am höchsten.
Zu einem ähnlichen Ergebnis kam auch Felber (1968). Er
ermittelte für Rotwild im Sommer und Winter einen an-
nähernd 2 mal so raschen Zelluloseabbau wie für das Reh.
Die Mikroflora des im Herbst und Winter gestreckten Rot-
wildes zeigte einen stärkeren Zelluloseumsatz, als bei
den im Sommer untersuchten Tieren. Dreschner-Kaden (1975)
fand für Gamsen einen gleich starken Zellulose- und
Stärkeabbau im Sommer und winter, wie beim Rotwild im
selben Gebiet. Der Stärkeabbau war im Sommer höher
als im Winter.

Über den Ablauf des Gärungsgeschehens im Vormagen-
system wildlebender Wiederkäuer berichten eine Reihe
weiterer Autoren, so Maloiy und Kay (1971), über den
Abbau einer vorgegebenen Ration, bestehend aus zer-
kleinertem oder pelletiertem Heu, durch je 3 mit Pan-
senfisteln versehene Rothirsche und Schafe in Stoff-
wechselkäfigen. Anhand ihrer Versuche konnten sie dar-
legen, daß Trockensubstanz und Zellulose der angebote-
nen Nahrung, vom Rotwild um 5 -10% schlechter verdaut
wurden. Einen rascheren Abbau von Pappeltrieben und
Thuyenblättern schreibt Short (1963) dem Weißwedel-
hirsch im Vergleich zum Rind zu. Bei letzterem wird
die mikrobielle Fermentation im Pansen durch Thuyenöle
gehemmt. Die Verdaulichkeit von Pappel- und Thuyen-
blättern wird vergleichend von Ullrey et al., (1972)
am weißwedelhirsch beschrieben. Anhand von 24 Tieren
kommt er zu dem Ergebnis, daß Pappelblätter schlech-
ter verdaut werden, als Thuyenblätter.

Eine wichtige Zwischenstufe des Gärungsablaufs im Wiederkäuerpansen nehmen die kurzkettigen Fettsäuren ein. Ihre Produktion im Pansen-Haubenraum ist für den Wiederkäuer zur Deckung seines Energiebedarfs notwendig. Relativ hohe Konzentrationen kurzkettiger Fettsäuren (220 mMol/l) fanden Brüggemann et al. (1967) im Panseninhalt von Gemsen. Nach Drescher-Kaden (1975) sind die anzutreffenden Konzentrationen im Sommer höher, als im Winter (144 bzw. 98 mMol/kg Panseninhalt). Extrem niedrige Werte (30 mMol/l) wiesen im Oktober in Finnisch-Lappland untersuchte Rentiere auf (Brüggemann et al., 1972). Weitere Werte über Konzentrationen kurzkettiger Fettsäuren im Panseninhalt wildlebender Wiederkäuer finden sich in Tabelle 2, ebenso wie Angaben über deren molares Verhältnis. Dieses ist weniger starken Schwankungen unterworfen, mit Ausnahme von Tieren, bei denen extrem einseitige Fütterungsversuche vorgenommen wurden. Es liegt um 70, 20 und 10 Mol% für Acetat, Propionat und Butyrat bei natürlicher Äsung. Davon nur wenig abweichende Werte fanden Giesecke und Van Gylswyk (1975) bei sechs verschiedenen Arten südafrikanischer Wildwiederkäuer. Sie betragen etwas über 70, knapp 20 und ca. 10 Mol% für Acetat, Propionat und Butyrat.

Schwankungen von Gesamtkonzentration und molarem Verhältnis kurzkettiger Fettsäuren im Panseninhalt sind weitgehend auf die jahreszeitliche Beschaffenheit der natürlichen Äsung zurückzuführen. Arbeiten hierzu liegen u.a. von Brüggemann et al. (1967) an Sommer- und Wintergemsen und von Short et al. (1966) an Maultierhirschen und Weißwedelhirschen (1971) vor. Durch Versuche an 30 Maultierhirschen konnte Short für Winter und frühes Frühjahr signifikant höhere Gesamtkonzentrationen kurzkettiger Fettsäuren als im Sommer nachweisen. Der Essigsäureanteil lag im Sommer relativ

Tabelle 2

Gesamtkonzentration und molares Verhältnis kurzkettiger Fettsäuren im Panseninhalt

Tierart	Ort-u.Jahres-zeit	Ernährung	Anzahl Proben	Gesamt KFS (mMol/l)	Molares Verh.kurzer Fettsäuren (Mol%)				Autor
					Ac	Pr	Bu	Va	
Gemse (Rupicapra rupic.)	dt.österr. Alpen	freie Wildbahn	3	220,0	66,7	20,0	10,9	2,5	Brüggemann et al. (1967)
	August-Nov.		8	117,0	72,2	18,0	8,4	1,4	
Rothirsch (Cervus elaphus)	Sommer	"	92	144,0	66,7	18,0	12,4	2,7	Drescher-Kaden (1975)
	Winter	"	24	98,0	70,5	17,8	9,3	2,4	
	Süddeutshl. Niederlande	"	14	133,8	61,8	21,0	11,9	5,4	Brüggemann et al., (1963) Prins, Geelen (1971)
	Winter	"	8	106,4	67,2	21,7	10,1	0,6	
Reh (Capreolus capreolus)	Süddeutshl.	"	13	125,5	50,9	23,2	16,7	9,2	Brüggemann et al., (1963)
Damhirsch (Dama dama)	Niederlande	"	16	119,7	57,0	28,9	11,4	2,3	Prins, Geelen (1971)
Ren (Rangifer tarandus)	Lappland-Okt.	"	4	30,2	76,0	12,6	8,3	3,0	Brüggemann et al., (1972)
	"	Hafer	4	64,6	72,9	8,4	17,3	1,7	
	"	Pellets	2	44,3	75,7	11,5	10,4	3,3	

Fortsetzung

Tierart	Ort- u. Jahres- zeit	Ernährung	Anzahl Proben	Gesamt KFS (mmol/l)	Molares Verh. kurzer Fettsäuren (Mol%)			Autor
					Ac	Pr	Bu Va	
Weißwedel- hirsch (<i>Odocoileus</i> <i>virginianus</i>)	Mittel- finnland Oktober	freie Wildbahn	9	89,6	62,1	26,1	9,7 1,7	Brüggemann et al., (1972)
Maultier- hirsch (<i>Odocoileus</i> <i>hemionus</i>)	Colorado März	"	4	125,0	69,4	17,2 ⁺	10,3 3,1	Nagy et al (1967) "
	März Herbst	Pellets freie Wildbahn	1 7	93,0	80,2	14,3 ⁺	4,4 1,1	"
	Winter u. früh, Frühjahr Spätsommer	"	9 14		65,9	20,4	11,4 2,2	Short et al. (1966)
					68,3 62,6	20,3 21,7	9,6 12,6 1,8 3,2	"
Schwarzwedel- hirsch (<i>Odocoileus</i> <i>hemionus</i> <i>columbianus</i>)	Kalifornien Sommer	freie Wildbahn	3		68,0	16,0	13,0 2,0	Allo et al. (1973)
		Pellets	2		56,0	21,0	19,0 3,0	
Pronghorn Antilope (<i>Antilocapra</i> <i>americana</i>)	NW-Colorado September	freie Wildbahn	9	117,7	69,9	16,5 ⁺	8,6 5,0	Nagy, Williams (1969)

+ Propionat und i-Butyrat
Die Probeentnahme erfolgte bei allen Tieren post mortem

niedrig und stieg im Lauf des Herbstes. Für Butter-säure und höhere Fettsäuren waren die Relationen entgegengesetzt. Bei vier, im Laufe eines Jahres in Ost-Texas geschossenen Weißwedelhirschen, fand Short (1971) einen ständigen Anteil von 19% Blättern in der Nahrung, die im Frühjahr den höchsten Nährwert besaß. Das Acetat/Propionat-Verhältnis lag im Frühjahr mit 4:1 weiter, als im übrigen Jahr mit 2:1.

Eine Übereinstimmung von Gesamtkonzentration und molarem Verhältnis der bei natürlicher Äsungsaufnahme im Vormagen von Pronghorn-Antilopen produzierten kurzkettigen Fettsäuren mit Werten bei domestizierten Wiederkäuern des gleichen Gebietes (frei weidende Kühe) fanden Nagy und Williams (1969). Angaben über das Muster kurzkettiger Fettsäuren im Panseninhalt bei Gamsen finden sich in einer Studie von Onder-scheka (1974). Die hier wiedergegebenen Werte weichen vergleichsweise stark von denen bei anderen Wild- und Hauswiederkäuern ab.

Nach Kenntnis von Gesamtmenge und Konzentration kurzkettiger Fettsäuren im Panseninhalt, stellt sich als weiteres Problem die Frage nach dem Umfang ihrer Produktion und nach der daraus für das Tier gewinnbaren Energie. Bei wildlebenden Wiederkäuern stößt die Untersuchung dieser Fragen auf technische Schwierigkeiten. Brüggemann et al. (1967) fanden im Panseninhalt von Gamsen an produzierten kurzkettigen Fettsäuren im Sommer 21,8 und im Winter 17,5 mmol/l $\times h^{-1}$. Sie errechneten daraus die den Tieren zur Verfügung stehende Energie mit 50 bzw. 29 Kcal/kg $^{0,75}/d$. Das entspricht im ersten Fall annähernd den Werten von

Schafen bei Heufütterung, die hieraus ungefähr drei Viertel ihres energetischen Erhaltungsbedarfs decken. Bei den Untersuchungen an Gemsen von Drescher-Kaden (1975) betrug die Produktion kurzkettiger Fettsäuren im Sommer $44,8 \text{ mMol/kg} \times \text{h}^{-1}$, bzw. $26,3 \text{ mMol/kg} \times \text{h}^{-1}$ im Winter.

Weitere Messungen stammen von Short (1963) am Weißwedelhirsch und von Allo et al. (1973) am Schwarzwedelhirsch, hier im Vergleich zu Schafen. Nach Short (1963) betrug die, aus den kurzkettigen Fettsäuren im Verlauf der Pansenfermentation gewonnene Energie, bis zur Hälfte des Erhaltungsbedarfs eines Hirsches. Allo et al. (1973) fanden eine Tagesproduktion von 2,8, 2,2, 0,7 und 1,7 Mol kurzkettiger Fettsäuren je Tier, bei Pansenfistelschafen, Gatterschafen und -hirschen, sowie frei grasenden Hirschen, was einem Anteil von 59, 89, 22 und 45 Prozent des täglichen Erhaltungsbedarfs entspricht. Den niedrigen Wert bei den gegatterten Hirschen führten sie auf eine nur in geringem Umfang erfolgte Futteraufnahme zurück.

3. PROBLEMSTELLUNG

Wie aus der Literaturbetrachtung hervorgeht, liegen bei einer Reihe von wildlebenden Wiederkäuern, analog zu den Hauswiederkäuern, Studien über den Ablauf der Gärungsprozesse im Pansen-Haubenraum vor.

Daß Gemsen in diesem Rahmen bisher kein so großes Interesse erlangen konnten, liegt an der, nur auf Gebirgsgegenden beschränkten Verbreitung und der damit verbundenen Schwierigkeit zur Beschaffung von Untersuchungsmaterial.

Es war wünschenswert, besonders viele Proben von Tieren, die in der gleichen Jahreszeit (Sommer) erlegt wurden, zu erhalten, da uns diesbezüglich beim Gamswild nahezu keine Vergleichswerte zur Verfügung stehen. Das Ziel der Untersuchungen bestand darin, durch Messung von pH-Wert, molarem Verhältnis und Gesamtkonzentration der kurzkettigen Fettsäuren im Panseninhalt, Aufschlüsse über den Gärungsablauf im Vormagen von Gemsen zu erhalten. Darüber hinaus sollte der Versuch unternommen werden, eine unter den gegebenen erschwerten Arbeitsbedingungen im Gebirge durchführbare Methode zur Messung von Produktionsraten kurzkettiger Fettsäuren zu erproben. Als schwierig erwies sich die Notwendigkeit, die Zeitspanne zwischen dem Tod des Tieres und dem Ansatz der Proben in vitro, möglichst kurz zu halten und so einen unkontrollierten Fortgang der Gärungsprozesse im Panseninhalt zu vermeiden.

Die durchgeführten Untersuchungen wurden an freilebenden Wildtieren vorgenommen, da nur so der Abbau der natürlichen Äsung untersucht werden konnte. Einschränkend blieb dafür nur die Möglichkeit von post mortem-Untersuchungen in vitro an erlegten Tieren. Das Studium von Gärungsvorgängen in Außenlaboratorien ist von der Einfachheit und Transportabilität des Systems eines "künstlichen Pansens" abhängig.

4. MATERIAL UND METHODEN

4.1. Material

Die Untersuchungen wurden an Gamsen aus 3 verschiedenen Gebieten der Alpen vorgenommen. Die, im Rahmen der jeweiligen örtlichen Abschußplanung erlegten Tiere, stammten aus dem Hochschwab/Österreich und aus den Berchtesgadener und Schlierseer Alpen/Deutschland. Mit Ausnahme von 4 im Dezember geschossenen Tieren kamen alle anderen im Hochsommer (August) zur Strecke. Die wichtigsten Angaben über die untersuchten Gamsen und ihren Lebensraum sind in Tabelle 4 wiedergegeben.

Von den insgesamt 38 Tieren, die zur Auswertung zur Verfügung standen, waren 22 männliche und 16 weibliche. 25 Gamsen waren wenigstens 2 Jahre und älter (Adulte). Ihnen standen 10 Jährlinge (Juvenile), d.h. im Vorjahr geborene gegenüber. Lediglich ein im Winter 1972 erlegtes Stück war erst im Erlegungsjahr gesetzt worden (Kitz). Bei 2 Tieren konnte keine Altersbestimmung erfolgen, da sie anderweitig im Jagdbetrieb zur Strecke kamen und uns nur der Pansen zur Untersuchung zur Verfügung stand. Die Aufstellung nach Alter und Geschlecht der einzelnen Tiere in ihrem jeweiligen Lebensraum enthält Tabelle 3.

Tabelle 3

Altersgruppe und Geschlecht der untersuchten Gamsen

Alter Geschlecht	Hochschwab	Berchtesgaden			Schlierseer Gebiet
	1970	1970	1971	1972	1972
adulte	5	2	10	5	3
juvenile	1	4	3	2	1
männlich	3	4	9	2	4
weiblich	3	2	5	6	-

Tabelle 4

Aufstellung der untersuchten Tiere in ihrem Lebensraum

Erlegungs- jahr- u. Monat	Tier- zahl	Labor	Höhenunter- schied des Untersuch. Gebiets (m)	Jährl. Nie- derschläge (mm) ⁺	Temp. Jahres- mittel (°C) ⁺	Bodenbe- schaffen- heit	Vegetation
1970 August	6	"Boden- bayer" 15 07/ 47 35 (Hochschwab Steiermark)	877- 2278	1100 (1500 m)	+ 3,2 (1500 m)	Triaskalke: Dolomit auf Schiefer- basis	Fichte, Lärche, Tanne, Kiefer, Aspe, Berg- ahorn, Eberesche, Mehibeehre; über der Waldgrenze ausgedehnte alpine Hasenge- sellschaften m. Blau- gras, Seggen, Rosetten u. Polsterbildnern
1970 August	6	"Herren- roint" 12 58/ 47 35 (Berchtes- gadener Alpen)	1000- 2713	2000 (1200 m)	+ 7 (600 m)	Werfener Schiefer, Ramsau- dolomit, Dachstein- kalk	Fichte, Kiefer, Lat- sche, Lärche, Tanne; Bergahorn, Birke, Esche, Vogelbeere, Weide, Alnrausch, Heidekraut, Süß- u. Sauergräser
1971 August	14	"	"	"	"	"	"
1972 August	8	"	"	"	"	"	"

Erlegungs- jahr- u. Monat	Tier- zahl	Labor	Höhenunter- schied des Untersuch. Gebiets (m)	jährl. Nie- derschläge (mm) ⁺	Temp. Jahres- mittel (°C) ⁺	Bodenbe- schaffen- heit	Vegetation
1972 Dezember	4	"Regenhau" 120 08/ 470 38 (Schlier- seer Alpen)	600 - 1500	1350 (500 m)	+7 (500 m)	Werfener Schiefer, Ramsau- dolomit, Wachstein- kalk	Hochgebirgsflora fehlt teils; hauptsächlich kommen vor: Fichte, Lärche, Tanne Latsche, Ahorn, Buche, Erle; sehr viele Alpenrosen

⁺ nach Mitteilungen des Meteorologischen Landesamtes Wien und Unterlagen des
Wetteramtes München

Gegenüber einem üblichen Anteil von weniger als der Hälfte der Jungtiere an der Gesamtstrecke, betrug dieser, bei den 1970 im Raum Berchtesgaden erlegten Gamsen, das Doppelte dieser Zahl.

4.2. Methoden

4.2.1. Probengewinnung

Bei den meisten geschossenen Tieren wurde noch am Erlegungsort durchmischter Panseninhalt entnommen und in vorgewärmten Thermogefäßen (bei etwa 39°C) zur Weiterverarbeitung in das Außenlabor gebracht. Zwischen dem Zeitpunkt der Probenahme und der Bebrütung in vitro im Labor vergingen durchschnittlich 76 Minuten. Als längste Zeitspanne wurden bei einem Tier 165 Minuten gemessen.

War das Außenlabor vom Erlegungsort aus in 30 - 40 Minuten zu erreichen, so wurde das Tier, ohne vorherige Eröffnung des Pansens, dorthin gebracht und die Entnahme von Proben erst hier durchgeführt. Zunächst wurde das Körpergewicht des jeweiligen getöteten Tieres ermittelt. Der durch die Schußeinwirkung entstandene Blutverlust konnte dabei nicht berücksichtigt werden. Er reichte von einigen Tropfen Blut bis zur geschätzten Menge von ungefähr 1 Liter. Nach der Wägung des entnommenen Reticulorumen (=Pansen u. Haube = RR) folgte die Gewinnung von Panseninhaltsproben zur Inkubation im künstlichen Pansen. Ein Teil des Panseninhalts (50g) wurde mit etwa 1 ml gesättigter Hg Cl₂ Lösung gut vermengt, wodurch die Gärungsvorgänge unterbrochen wurden. Diese mit t₀ gekennzeichnete Probe wurde tiefgefroren aufbewahrt und diente später als sogenannte Nullpunktsprobe, um Einblick in das Gärungsmuster zum Zeitpunkt der Erlegung zu vermitteln.

Anschließend wurden die Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration im Panseninhalt und die Entnahme von Proben für weitere Analysen durchgeführt, ebenso wie die grobsinnliche Untersuchung des Tieres auf Parasiten.

4.2.2. Inkubation des Panseninhalts in vitro zur Ermittlung der Produktion kurzkettiger, Fettsäuren

Um die natürlichen Fermentationsvorgänge unter künstlichen Bedingungen fortzusetzen und die dabei erfolgende Zunahme der Konzentration kurzkettiger Fettsäuren quantitativ zu erfassen, wurden je 400 - 500 g durchmischten Panseninhalts in vitro inkubiert. Davon wurden nach 30, 60 und 90 Minuten (t_{30} , t_{60} und t_{90}) 50 g entnommen, mit ca. 1 ml gesättigter $Hg\ Cl_2$ -Lösung fixiert und anschließend tiefgefroren. Die Beschreibung ihrer analytischen Bearbeitung erfolgt im Abschnitt 4.2.4.

Die Apparatur für die Inkubationsversuche in vitro bestand aus einem, bei $39^{\circ}C$ thermostatisierten Wasserbad, in das jeweils das Inkubationsgefäß mit Panseninhalt gestellt wurde. Zur Aufrechterhaltung der im Pansen gegebenen Anaerobiose erfolgte eine Begasung mit Kohlendioxyd, das durch die Absorptionslösung nach Doetsch (1952) gereinigt war.

4.2.3. Quantitative Extraktion der kurzkettigen Fettsäuren

Um eine quantitative Extraktion der kurzkettigen Fettsäuren aus den flüssigen und festen Bestandteilen des Panseninhalts durchführen zu können, war eine Reihe von Vorversuchen nötig, für die 3 Hammel mit Pansenfisteln des o.a. Instituts zur Verfügung standen.

4.2.3.1. Vorversuche an Schafen

In einem ersten Vorversuch konnten in gleichen Volumina Pansenflüssigkeit und zugehöriger abgepreßter Futtermasse weder gleiche Mengen kurzkettiger Fettsäuren, noch immer wiederkehrende Proportionen gefunden werden. Eine gaschromatographische Bestimmung der kurzkettigen Fettsäuren in der abgepreßten Flüssigkeit schied daher aus. In einem folgenden Versuch wurden aus mehreren Panseninhaltsproben, jeweils durch fünfmalige Extraktion mit kaltem Aqua dest., die enthaltenen kurzkettigen Fettsäuren durch Gaze abgepreßt. Da eine 15-minütige Ultraschallzerkleinerung der Probenrückstände mit anschließender gaschromatographischer Bestimmung ihres Gehalts an kurzkettigen Fettsäuren keine Werte von meßbarer Größe lieferte, schien ein gangbarer Weg zur Vorbereitung der Proben für die gaschromatographische Analyse gefunden zu sein.

Um die gewählte Arbeitsmethode weiter zu vereinfachen, wurden geänderte Extraktionsverfahren angewandt, die an 2 verschiedenen Proben folgende Ergebnisse erbrachten:

Tabelle 5

Versuchsergebnis

Extraktions- methode mit aqua dest.	pH-wert d. wasch- wassers	Ges. KFS (µMol/50g)	pH-Wert d. wasch- wassers	Ges. KFS (µMol/50g)
	1. Probe		2. Probe	
2 x heiß	ca. 10	2325	ca. 10	3105
3 x heiß	ca. 10	2008	ca. 10	3210
3 x kalt	-	2023	ca. 10	3185

Die in der Tabelle 5 enthaltenen Werte bringen nur relativ geringe Schwankungen zwischen den verschiedenen Extraktionsverfahren, so daß der arbeitssparendste Weg abzusichern war.

Wie ein Vergleich von 2 x 5 Proben zeigte, die jeweils an 2 verschiedenen Tagen genommen und 2 bzw. 3 mal mit heißem, alkalisiertem Wasser extrahiert wurden, lieferten beide Methoden Werte mit nur sehr geringer Streuung. Dieser Befund und das Ergebnis der anschließenden Ultraschallzerkleinerung der Rückstände der 2 mal extrahierten Proben über 10 Minuten und der folgenden 2-maligen Gesamtextraktion mit heißem, alkalisiertem Wasser sind in Tabelle 6 enthalten.

Tabelle 6

Vergleich von 2 Extraktionsmethoden anhand von je 5 Proben von 2 verschiedenen Versuchstagen

Probe	Extraktionsmethode mit heißem, alkalisiertem Wasser	
	2 x heiß ($\mu\text{Mol}/50\text{g}$)	3 x heiß ($\mu\text{Mol}/50\text{g}$)
1	5428	5530
2	5503	5660
3	5483	5615
4	5447	5640
5	5497	5405
Summe der KFS (1 - 5)	27258	27850
Mittelwert	5452	5570
Streuung $\pm$	42,4	104,7
KFS nach Ultraschallbehandlung	123	
in %	2,3	

Die Methode der zweimaligen Extraktion mit heißem, alkalisiertem Wasser, mit einem erzielten Anteil von 97,7% aller kurzkettigen Fettsäuren aus den untersuchten Proben, schien uns hinreichend quantitativ, um sie bei der Analyse der Panseninhaltsproben der Gemsen zu verwenden.

4.2.4. Endgültige Methode

Jede Panseninhaltsprobe von 50g wurde zweimal mit 50 ml heißer Extraktionslösung in einem Becherglas vermengt und anschließend durch eine vierfache Gazelage in den Kolben eines Rotationsverdampfers gepreßt. Die Extraktionslösung bestand aus erhitztem Aqua dest., das durch Zufügen von n-KOH auf einen pH-Wert von 9 - 10 gebracht wurde.

Die Extrakte der Panseninhaltsproben wurden bei 75° C im Vakuumrotationsverdampfer auf ein Volumen von 50 ml eingeeengt. Das mit Hilfe einer Wasserstrahlpumpe hierbei erzeugte Vakuum betrug 10 - 15 mm Hg. Diesem Konzentrat der extrahierten kurzkettigen Fettsäuren wurden 5 ml entnommen, mit 1 ml 30-prozentiger m-Phosphorsäure und 5% (das entspricht 0,3 ml) Ameisensäure versetzt. Dadurch erhielt die Probe einen pH-Wert von ca. 1-2. Durch Zufügen von Ameisensäure konnte eine bessere Bandenabgrenzung zwischen Essigsäure und Propionsäure bei der späteren gaschromatographischen Auswertung erzielt werden. Nach anschließendem 15-minütigem Zentrifugieren, bei 8000 g wurden die Proben bis zur weiteren Bestimmung im Kühlschrank in verschlossenen Zentrifugengläsern aufbewahrt.

4.2.5. Gaschromatographische Bestimmung

Zur Bestimmung der kurzkettigen Fettsäuren diente der Gas-

chromatograph: Varian - Aerograph, 1400. Die vorgenommenen Analysen verliefen unter folgenden Arbeitsbedingungen:

Säule:	rostfreier Stahl, 1,5 m 2 mm Innendurchmesser
Stationäre Phase:	Porapak QS, 80-100 mesh + 2% $H_3 PO_4$
Trägergas:	nachgereinigter Stickstoff 15 ml/min.
Arbeitstemperatur der Säule:	185° C
Detektor:	Flammenionisationsdetektor (FID), Wasserstoff 20 ml/min. Luft 300 ml/min. 260° C
Empfindlichkeitsstufe des Detektors:	10 ⁻¹¹ A/mV.
Arbeitstemperatur des Injektors:	230° C
Schreiber:	Honeywell class 15 mit Disc-Integrator und elektromechanischem Zählwerk.

Der Schreiber gibt die einzelnen Fettsäurefraktionen als Banden (Peaks) wieder, im Zählwerk erscheinen sie als Zahlenwert. Das Probenvolumen betrug 2 µl. Die verwendete Standardmischung zur analytischen Auswertung der Proben hatte folgende Zusammensetzung:

Essigsäure	65,00 (mMol/l)
Propionsäure	20,25 "
i-Buttersäure	1,17 "
n-Buttersäure	11,20 "
i-Valeriansäure	2,15 "
n-Valeriansäure	2,30 "

102,07

4.2.6. Auswertung der Produktionsraten kurzkettiger Fettsäuren

Die Auswertung erfolgte entsprechend einem curvilinearen Verlauf der Konzentrationszunahmen gegen die Zeit, nach der von Stewart et al. (1958) aufgestellten Formel $B = 4y_2 - y_3$, wobei $y_2 = t_{30} - t_0$ und $y_3 = t_{60} - t_0$ darstellt. y_2 symbolisiert somit die Menge produzierter kurzkettiger Fettsäuren nach 30 Minuten und y_3 diejenige nach 60 Minuten Inkubationsdauer.

Abbildung 1 zeigt am Beispiel von Gams 19/71 das Bild der Konzentrationsänderung kurzkettiger Fettsäuren während der Inkubationsdauer von einer Stunde.

4.2.7. Mathematisch-statistische Auswertung der Ergebnisse

Die rechnerische Auswertung des Materials erfolgte auf einem Tischrechner. Die Beurteilung der Unterschiede zweier Mittelwerte erfolgte an Hand der t-Verteilung (t-Test), (Otto, 1958). Der Grad des Zusammenhangs zweier Zufallsvariablen wurde durch Errechnung einfacher Korrelationskoeffizienten geprüft, die Art ihres Zusammenhangs durch Regressionsanalysen. Zur Prüfung der Vertrauenswürdigkeit wurden die üblichen Vertrauensgrenzen unterstellt. An der Gauß'schen Normalverteilung gemessen, sind dies die Prozentwerte $P \leq 5\%$ ($P \leq 0,05$) und $P \leq 1\%$ ($P \leq 0,01$). Bei kleineren Freiheitsgraden ändern sich die entsprechenden t-Werte. Alle Werte, die oberhalb der 5% Grenze lagen, ($P \leq 0,05$) galten als "signifikant", solche, über der 1% Grenze, ($P \leq 0,01$) als "hochsignifikant".

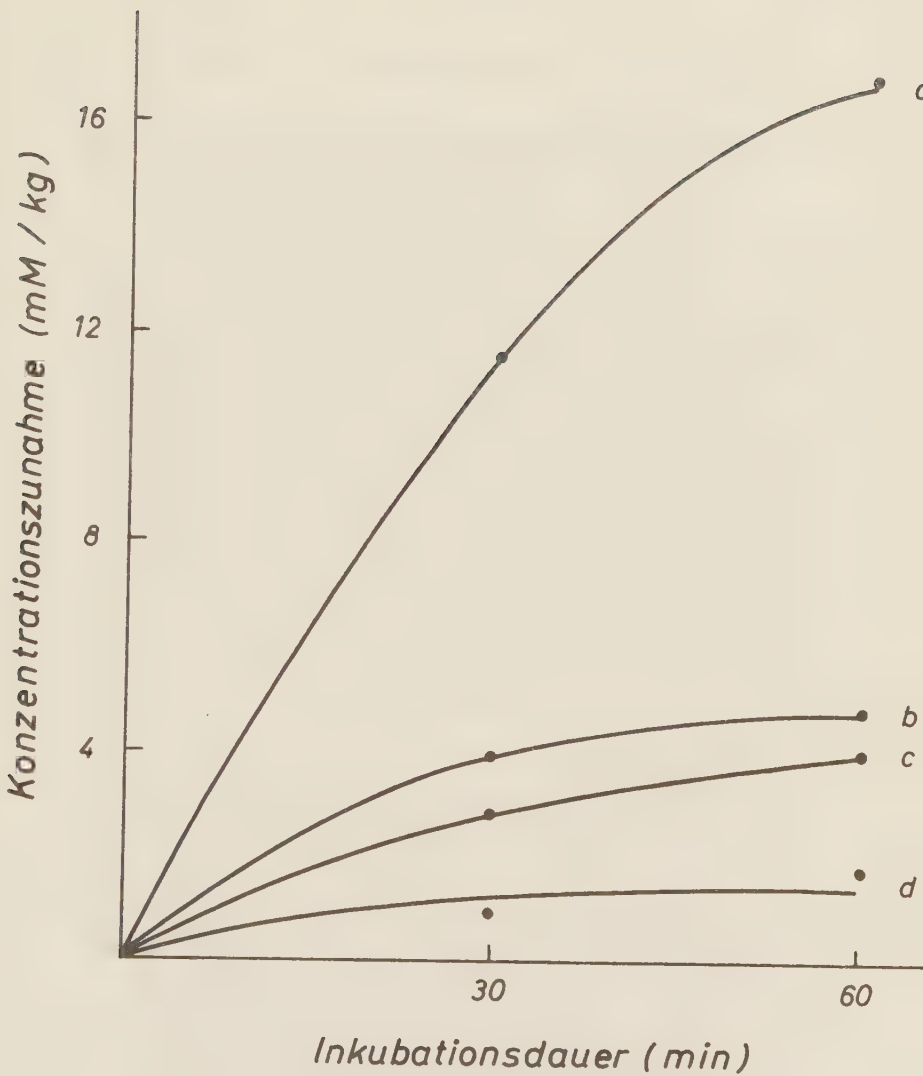


Abb.1 Produktion kurzer Fettsäuren bei Gams 19 / 71
a) Acetat b) Propionat
c) i+n-Butyrat d) i+n-Valerianat

5. E R G E B N I S S E

5.1. Zeiten der Probenahme, Messung der Körpergewichte und des Panseninhalts der erlegten Gamsen

5.1.1. Zeiten der Probenahme

Beim größten Teil der Gamsen, nämlich bei 19, fiel die Zeit der Probenahme auf den Vormittag von 6³⁰ - 11⁰⁰. Ein weiterer Schwerpunkt, mit 10 Tieren, lag am Nachmittag ab 15⁰⁰. Im Zeitraum von 11⁰⁰ - 15⁰⁰ kamen die wenigsten Tiere zur Untersuchung. Diese Schwerpunkte stehen im Zusammenhang mit dem Äsungsverhalten des Gamswildes und zwar lagen die meisten Probenahmen unmittelbar vor, während, oder nach der Nahrungsaufnahme. Bei den 4 im Winter 1972 erlegten Gamsen erfolgten sämtliche Probenahmen erst ab 12⁰⁰ mittags. Die Übersicht über die Daten der Probenahme findet sich in den Tabellen 7 - 11 .

5.1.2. Körpergewichte

Die Körpergewichte aller Tiere lagen im Mittel bei 28,4 kg. Die Einzelwerte schwankten jedoch erheblich (von 15,7 - 44,1 kg). Obwohl bei den meisten Tieren Endoparasiten festgestellt wurden, (besonders Lungenstrongyliden und oft starker Bandwurmbefall mit Monieziaarten) war keines auffallend abgemagert. Die durchschnittlich niedrigen Gewichte, der 1970 im Raum Berchtesgaden erlegten Gamsen, lagen mit 23,7 kg sogar unter denen der Tiere vom Winter 1972 mit 27,9 kg. Es handelte sich jedoch überwiegend um Tiere, die erst 1 Jahr alt waren. Die genauen Daten sind in den Tabellen 7 - 11 wiedergegeben.

5.1.3. Gewicht des Panseninhalts

Bei allen Gemsen wurde das Gewicht des Panseninhalts (= Inhalt von Pansen und Haube) ermittelt, soweit es nicht durch Schußverletzung unmöglich war. Wir erhielten Werte zwischen 1,5 kg (Hochschwab, 1970) und 5,4 kg (Schlierseer Gebiet, 1972). Diese Absolutwerte setzten wir in Relation zum Körpergewicht. Dadurch erhielten wir in Abhängigkeit von Größe und Gewicht des jeweiligen erlegten Tieres einen Bewertungsmaßstab für den Füllungszustand des Pansens. Wie aus den Tabellen 7 - 11 ersichtlich, ergaben sich dabei Werte um 12% des Körpergewichts. Von diesem Mittelwert wichen nur 2 Tiere besonders stark ab. Beim ersten handelte es sich um einen 1970 im Hochschwab erlegten Jährling mit einem Körpergewicht von 20,1 kg und einem relativen Panseninhalt von nur 7,2% des Körpergewichts, d.h. um ein Tier, das bereits eine geraume Weile vor der Schußzeit keine Nahrung mehr aufgenommen hatte. Die andere Gemse war ein etwa halbjähriges Kitz von 18,5 kg und einem relativen Panseninhalt von 17,4% des Körpergewichts. Die Überprüfung auf Abhängigkeit des Panseninhalts in % des Körpergewichts von der Schußzeit, brachte keine signifikante Beziehung, d.h. die Äsungsintervalle der einzelnen Gemsen wichen voneinander ab. Die absolut und relativ gemessenen Panseninhaltswerte zeigten, daß ein Großteil der Tiere, obwohl zur Hauptäsungszeit geschossen, den Pansen noch nicht gefüllt hatte, also zu Beginn, oder noch mitten unter der Nahrungsaufnahme war.

Tabelle 7

Zeiten der Probenahme, Körpergewichte und Pansen-
inhalt bei Gensen aus dem Hochschwab im Sommer 1970

Tier Nr. Jahr	Proben (Uhrzeit)	Körper- gewicht (kg)	Pansen- inhalt (kg)	Pansen- inhalt (%) ⁺
1/70	14 ⁴⁰	37,7	6,8	18,1
2/70	9 ³⁰	40,5	3,9	9,6
3/70	9 ³⁰	25,9	3,3	12,7
4/70	11 ⁴⁰	30,0	4,1	13,7
5/70	12 ¹⁰	28,0	3,0	10,5
7/70	12 ¹⁵	20,1	1,5	7,2
Mittelwert		30,4	3,8	12,0
Streuung $\pm$		7,6	1,8	3,8

⁺ in Prozent des Körpergewichts

Tabelle 8

Zeiten der Probenahme, Körpergewichte und Pansen-
inhalt bei Gemsen aus dem Raum Berchtesgaden im
Sommer 1970

Tier Nr. Jahr	Proben (Uhrzeit)	Körper- gewicht (kg)	Pansen- inhalt (kg)	Pansen- inhalt (%) ⁺
8/70	10 ³⁰	20,0	2,9	14,4
9/70	14 ¹⁵	20,0	3,0	14,8
10/70	9 ⁰⁰	35,3	3,4	9,8
11/70	10 ¹⁰	22,2	1,8	7,9
12/70	10 ³⁰	15,7	1,8	11,2
13/70	10 ⁴⁰	29,3	3,6	12,4
Mittelwert		23,7	2,7	11,7
Streuung $\pm$		7,2	0,8	2,7

⁺ in Prozent des Körpergewichts

Tabelle 9

Zeiten der Probenahme, Körpergewichte und Pansen-
inhalt bei Gemsen aus dem Raum Berchtesgaden im
Sommer 1971

Tier Nr. Jahr	Proben (Uhrzeit)	Körper- gewicht (kg)	Pansen- inhalt (kg)	Pansen- inhalt (%) ⁺
1/71	19 ³⁰	34,3	5,0	14,6
2/71	6 ³⁰	42,6	3,5	8,3
3/71	7 ⁰⁰	31,1	4,5	14,4
4/71	8 ¹⁵	42,8	4,9	11,3
5/71	18 ¹⁰	38,8	3,4	8,8
6/71	10 ⁵⁵	25,2	3,7	14,5
7/71	7 ⁴⁵	-- *	3,8	-- *
11/71	7 ³⁵	23,0	2,4	10,4
12/71	9 ¹⁵	40,0	4,8	12,0
13/71	16 ³⁰	22,5	3,0	13,2
16/71	9 ⁴⁵	27,9	3,6	12,8
17/71	9 ¹⁵	44,1	2,7	6,2
18/71	18 ⁴⁰	18,4	1,9	10,4
19/71	11 ¹⁵	24,2	2,4	9,8
Mittelwert		31,9	3,5	11,3
Streuung ±		9,0	1,0	2,6

⁺ Prozent des Körpergewichts

* nicht bestimmt

Tabelle 10

Zeiten der Probenahme, Körpergewichte und Pansen-
inhalt bei Gemsen aus dem Raum Berchtesgaden im
Sommer 1972

Tier Nr. Jahr	Proben (Uhrzeit)	Körper- gewicht (kg)	Pansen- inhalt (kg)	Pansen- inhalt (%) ⁺
1/72	17 ²⁰	17,4	2,7	15,5
3/72	7 ⁰⁰	26,0	3,2	12,3
4/72	9 ⁴⁰	29,0	3,5	12,2
6/72	12 ⁴⁰	29,5	3,2	11,0
8/72	9 ²⁰	35,0	++	++
9/72	15 ¹⁰	35,0	4,6	13,0
10/72	16 ¹⁵	31,5	2,8	8,7
12/72	9 ²⁵	23,0	2,7	11,5
Mittelwert		28,3	3,2	12,0
Streuung $\pm$		6,0	0,7	2,1

⁺ in Prozent des Körpergewichts

⁺⁺ Pansen zerschossen

Tabelle 11

Zeiten der Probenahme, Körpergewichte und Pansen-
inhalt bei Gamsen aus dem Schlierseer Raum im
Winter 1972

Tier Nr. Jahr	Proben (Uhrzeit)	Körper- gewicht (kg)	Pansen- gewicht (kg)	Pansen- inhalt (%) ⁺
14/72	16 ⁴⁰	34,5	4,6	13,3
15/72	15 ²⁰	18,5	3,2	17,4
18/72	15 ⁵⁰	33,5	5,4	16,0
20/72	12 ⁰⁰	25,0	2,6	10,4
Mittelwert		27,9	4,0	14,3
Streuung $\pm$		7,6	1,3	3,1

⁺ in Prozent des Körpergewichts

5.2. Konzentration kurzkettiger Fettsäuren und Acidität im Pansen

Alle ermittelten Daten und die errechneten Werte für die Gesamtkonzentration kurzkettiger Fettsäuren (Mol) im Pansen finden sich in den Tabellen 12 - 16.

5.2.1. Konzentration kurzkettiger Fettsäuren je kg Pansenmasse

Die gefundenen Konzentrationen unterlagen relativ großen Schwankungen. Die Höchstwerte reichten bis 182,1 mMol/kg bei den Tieren aus dem Sommer 1972. Die niedrigsten Werte stammen von den vier im Winter erlegten Gemsen und lagen bei 125,2 mMol/kg. Der Vergleich der Extremwerte schien auf den Ursprung der Proben aus verschiedenen Standorten, oder zumindest auf eine Gewinnung zu verschiedenen Jahreszeiten hinzudeuten, was jedoch mit Ausnahme der 4 Tiere aus dem Winter 1972 nicht der Fall war. Eine statistische Absicherung der gefundenen Unterschiede konnte nicht erfolgen. Der Vergleich der Mittelwerte der Konzentration kurzkettiger Fettsäuren im Panseninhalt bei den im Sommer erlegten Tieren, zeigt einen Anstieg von 143,9 mMol/kg (Berchtesgaden, 1970) und 151,0 mMol/kg (Hochschwab, 1970) über 172,3 mMol/kg (Berchtesgaden, 1971) bis auf 182,1 mMol/kg für 1972 im Raum Berchtesgaden geschossene Gemsen. Dementsprechend änderte sich auch die Gesamtmenge (Mol) kurzkettiger Fettsäuren im Panseninhalt wie im nächsten Abschnitt 5.2.2. beschrieben.

5.2.2. Gesamtmenge kurzkettiger Fettsäuren im Pansen

Aus den im Labor gemessenen Konzentrationen der kurz-

kettigen Fettsäuren/kg Panseninhalt wurde die Gesamtmenge der im Pansen vorhandenen kurzkettigen Fettsäuren errechnet. Das Mittel liegt hier bei 5,0 Mol. Die Tiere aus dem Winter 1972 kommen ihm mit 4,7 Mol am nächsten, im Gegensatz zu den 1971 erlegten Gamsen (6,1 Mol). Die niedrigsten Werte finden sich mit durchschnittlich 3,9 Mol im Pansen der Gamsen aus Berchtesgaden, (1970).

Im Vergleich mit den Konzentrationen je kg Pansenmasse und den Panseninhaltsgehalten ergaben sich Schwankungen, die einen Zusammenhang mit dem jeweiligen Körpergewicht nahelegen, d.h. hohe Körpergewichte ziehen auch einen höheren Wert für die Gesamtmenge kurzkettiger Fettsäuren im Pansen (Mol) nach sich, bzw. umgekehrt.

5.2.3. Wasserstoffionenkonzentration im Panseninhalt

Die Bestimmung der pH-Werte ergab für die meisten Proben Werte zwischen 6,0 und 6,5. Immerhin konnten wir jedoch bei insgesamt 33 Messungen 9 Werte, die kleiner als pH 6,0 waren, ermitteln. Sechs dieser niedrigen pH-Werte stammten aus Probenahmen von 11 im Jahr 1971 untersuchten Gamsen, d.h. von mehr als der Hälfte der Tiere. Ein erwarteter Zusammenhang zwischen der Länge der Zeit, die vom Tod des betreffenden Tieres bis zur Probenahme verging und den im Jahr 1971 vermehrt erniedrigt gefundenen pH-Werten im Panseninhalt, ließ sich nicht bestätigen. Da das Acetat/Propionat-Verhältnis und der pH-Wert im Panseninhalt in Abhängigkeit zueinander stehen, versuchten wir diese Beziehung für die untersuchten Proben ebenfalls abzusichern, was jedoch nicht möglich war. Die ermittelten pH-Werte zeigten lediglich einen leichten Hang zu niedrigen Werten, je mehr kurzkettige Fettsäuren im Panseninhalt gemessen wurden.

Tabelle 12

Konzentration und Gesamtmenge kurzkettiger Fettsäuren, sowie pH-Wert im Panseninhalt von Gemsen aus dem Hochschwab im Jahr 1970

Tier Nr.	KFS-Konzentration (mMol/kg)	KFS-Gesamtmenge (Mol)	pH
1/70	149,1	1,0	6,2
2/70	134,7	5,3	6,2
3/70	149,3	4,9	5,6
4/70	170,0	7,0	6,0
5/70	165,1	4,9	6,3
7/70	137,6	2,0	+
Mittelwert	151,0	4,2	6,1
Streuung $\pm$	14,2	2,2	0,3

+ nicht bestimmt

Tabelle 13

Konzentration und Gesamtmenge kurzkettiger Fettsäuren, sowie pH-Wert im Panseninhalt von Gemsen aus dem Raum Berchtesgaden im Jahr 1970

Tier Nr.	KFS-Konzentration (mMol/kg)	KFS-Gesamtmenge (Mol)	pH
8/70	138,1	4,0	6,3
9/70	176,2	5,2	6,6
10/70	143,2	4,9	+
11/70	154,9	2,7	7,0
12/70	121,9	2,1	6,6
13/70	129,0	4,7	6,0
Mittelwert	143,9	3,9	6,5
Streuung $\pm$	19,5	1,3	0,4

+ nicht bestimmt

Tabelle 14

Konzentration und Gesamtmenge kurzkettiger Fettsäuren, sowie pH-Wert im Panseninhalt von Gemsen aus dem Raum Berchtesgaden im Jahr 1971

Tier Nr.	KFS-Konzentration (mMol/kg)	KFS-Gesamtmenge (Mol)	pH
1/71	162,5	8,1	6,0
2/71	180,8	6,4	+
3/71	196,1	8,8	5,9
4/71	212,0	10,3	5,9
5/71	231,0	7,9	5,6
6/71	128,1	4,7	6,0
7/71	138,3	5,2	5,9
11/71	126,0	3,0	6,3
12/71	161,5	7,8	5,8
13/71	152,0	4,5	6,1
16/71	167,2	6,0	+
17/71	204,4	5,5	6,8
18/71	161,7	3,1	+
19/71	190,8	4,5	5,9
Mittelwert	172,3	6,1	6,0
Streuung $\pm$	31,7	2,2	0,3

+ nicht bestimmt

Tabelle 15

Konzentration und Gesamtmenge kurzkettiger Fettsäuren, sowie pH-Wert im Panseninhalt von Gemsen aus dem Raum Berchtesgaden im Jahr 1972

Tier Nr.	KFS-Konzentration (mMol/kg)	KFS-Gesamtmenge (Mol)	pH
1/72	168,0	4,5	6,4
3/72	202,7	6,5	6,0
4/72	159,5	5,6	5,5
6/72	195,6	6,3	6,5
8/72	185,1	+	6,4
9/72	164,5	7,5	6,5
10/72	246,3	6,8	6,0
12/72	135,3	3,6	6,0
Mittelwert	182,1	5,8	6,2
Streuung $\pm$	33,7	1,6	0,3

+ nicht bestimmt

Tabelle 16

Konzentration und Gesamtmenge kurzkettiger Fettsäuren, sowie pH-Wert im Panseninhalt von Gemsen aus dem Raum Schliersee im Jahr 1972

Tier Nr.	KFS-Konzentration (mmol/kg)	KFS-Gesamtmenge (mol)	pH
14/72	107,3	4,9	5,8
15/72	156,4	5,1	6,8
18/72	105,3	5,6	6,9
20/72	131,7	3,4	6,7
Mittelwert	125,2	4,8	6,6
Streuung $\pm$	24,0	0,9	0,5

5.3. Gärungsmuster der kurzkettigen Fettsäuren und Acetat/Propionat-Verhältnis im Panseninhalt

5.3.1. Gärungsmuster der kurzkettigen Fettsäuren

Der prozentuale Anteil der einzelnen kurzkettigen Fettsäuren an der Gesamtmenge kurzkettiger Fettsäuren und das Acetat/Propionat-Verhältnis sind in den Tabellen 17 - 21 wiedergegeben. Das Gärungsmuster erwies sich als sehr konstant mit nur geringer Streuung. Die Werte lagen im Mittel aller Messungen bei:

Acetat	65	(Mol%)
Propionat	19	"
i + n Butyrat	12,5	"
i + n Valerianat	3,5	"
		100,0

Eine Ausnahme bildeten die im Winter erlegten Tiere mit ihrem niedrigen Acetat/Propionat-Verhältnis (ca. 2,9; bei den im Sommer erlegten Tieren dagegen ca. 3,7), wobei sowohl der Acetat-Anteil erniedrigt (62,8 Mol%), als auch der Propionat-Anteil erhöht war (21,9 Mol%). Auch i-Valerianat trat vermehrt in Erscheinung (4,1 Mol%).

5.3.2. Acetat/Propionat-Verhältnis

Die Durchschnittswerte aller Quotienten Acetat/Propionat bei den im Sommer erlegten Gemsen, schwankten in relativ engem Bereich von 3,7 bis 4,0. Es traten jedoch zwischen den Einzelwerten, auch bei Tieren aus dem gleichen Abschußgebiet-

und-jahr, größere Streuungen auf. Besonders stark waren die Abweichungen nach unten, die bei einem Tier den Wert von 2,1 erreichten. Wider Erwarten lag hier der zugehörige pH-Wert mit 6,0 im normalen Bereich, so daß der Schluß auf den rascheren intermediären Acetat-Abbau, bzw. verzögerten Propionat-Abbau nahe lag.

Die Tiere aus dem Winter 1972 wiesen einen Mittelwert von 2,9 auf und lagen damit unter den Werten der im Sommer erlegten Tiere.

Diese Tatsache ist nur durch ein andersartiges Nahrungsangebot mit gesteigertem stärkehaltigen Anteil erklärbar, was allerdings im Winter nicht zu erwarten war. Jedoch wurden diese Tiere zu Beginn des Winters und in relativ geringer Höhenlage erlegt, so daß sie noch reichlich Nahrung zur Verfügung hatten. Eine statistische Absicherung des niedrigen Durchschnittswertes gegenüber den Sommertieren war nicht möglich. Die zugehörigen Daten finden sich in den Tabellen 17 - 21.

Tabelle 17

Molares Verhältnis kurzkettiger Fettsäuren und Acetat/Propionat-Verhältnis im Panseninhalt von Gemsen aus dem Hochschwab, 1970

Tier Nr.	Ac	Pr	Bu	i-Bu	Va	i-Va ⁺	Ac/Pr
1/70	68,59	15,92	11,09	1,22	0,82	2,36	4,31
2/70	66,22	16,43	13,24	1,46	0,83	1,82	4,03
3/70	63,82	17,96	14,12	1,50	1,12	1,48	3,55
4/70	64,69	17,23	13,62	1,34	1,23	1,89	3,75
5/70	63,58	20,00	13,18	0,89	1,14	1,21	3,18
7/70	67,11	17,52	11,26	1,04	1,57	1,50	3,83
Mittelwert	65,67	17,51	12,75	1,24	1,12	1,71	3,78
Streuung ±	1,98	1,43	1,27	0,24	0,28	0,40	0,39

+ Ac = Acetat Pr = Propionat Bu = Butyrat
i-Bu = i-Butyrat Va = Valerianat i-Va = i-Valerianat

Tabelle 18

Molares Verhältnis kurzkettiger Fettsäuren und Acetat/Propionat-Verhältnis im Panseninhalt von Gemsen aus dem Gebiet Berchtesgaden, 1970

Tier Nr.	Ac	Pr	Bu	i-Bu	Va	i-Va ⁺	Ac/Pr
8/70	64,94	16,26	13,73	1,43	1,64	2,00	3,99
9/70	66,29	16,56	12,09	1,70	1,43	1,93	4,00
10/70	66,20	15,10	14,42	0,65	1,00	2,63	4,38
11/70	66,45	20,82	10,39	0,73	0,59	1,02	3,19
12/70	66,72	22,00	9,75	0,29	0,78	0,46	3,03
13/70	65,92	19,26	11,00	1,26	0,88	1,68	3,42
Mittelwert	66,09	18,33	11,90	1,01	1,05	1,62	3,67
Streuung ±	0,62	2,77	1,87	0,54	0,40	0,77	0,53

+ Abkürzungen siehe Tabelle 17

Tabelle 19

Molares Verhältnis kurzkettiger Fettsäuren und Acetat/Propionat-Verhältnis im Panseninhalt von Gansen aus dem Gebiet Berchtesgaden, 1971

Tier Nr.	Ac	Pr	Bu	i-Bu	Va	i-Va ⁺	Ac/Pr
(Mol %)							
1/71	67,20	17,93	11,60	0,73	1,80	0,74	3,75
2/71	64,70	16,92	15,05	0,62	1,73	0,98	3,82
3/71	67,72	16,86	12,02	0,88	1,23	1,29	4,02
4/71	66,28	18,92	11,55	0,43	2,03	0,79	3,50
5/71	63,68	22,56	11,60	0,43	1,17	0,56	2,82
6/71	71,56	17,02	9,21	0,64	0,49	1,08	4,20
7/71	67,84	17,56	11,17	0,84	1,11	1,48	3,87
11/71	78,41	13,88	6,13	0,39	0,24	0,95	5,65
12/71	64,59	20,15	10,80	1,32	1,53	1,61	3,21
13/71	74,17	15,51	8,55	0,56	0,54	0,67	4,78
16/71	70,45	13,93	10,82	1,56	1,10	2,14	5,06
17/71	69,92	16,68	9,26	0,89	1,15	2,40	4,17
18/71	69,94	16,85	9,95	0,62	0,71	1,93	4,15
19/71	61,83	22,00	11,26	0,42	2,60	1,89	2,81
Mittelwert	68,45	17,63	10,64	0,74	1,25	1,32	3,99
Streuung ±	4,41	2,58	2,04	0,35	0,65	0,59	0,80

+ Abkürzungen siehe Tabelle 17

Tabelle 20

Molares Verhältnis kurzkettiger Fettsäuren und Acetat/Propionat-Verhältnis im Panseninhalt von Gemsen aus dem Gebiet Berchtesgaden, 1972

Tier Nr.	Ac	Pr	Bu	i-Bu	Va	i-Va ⁺		Ac/Pr
						(Mol %)		
1/72	68,63	17,56	10,85	0,81	0,94	1,21		3,91
3/72	68,57	18,40	9,47	0,59	1,84	1,13		3,73
4/72	66,97	16,50	11,83	1,50	1,35	1,85		4,06
6/72	68,04	16,90	11,75	0,91	1,28	1,12		4,03
8/72	69,14	15,84	9,40	1,70	1,72	2,20		4,36
9/72	66,14	18,54	10,94	1,02	1,44	1,92		3,57
10/72	63,78	18,18	12,38	1,28	2,00	2,38		3,51
12/72	62,38	20,17	12,18	0,99	1,80	2,48		2,09
Mittelwert	66,71	17,76	11,10	1,10	1,55	1,79		3,66
Streuung ±	2,47	1,37	1,16	0,37	0,35	0,56		0,69

+ Abkürzungen siehe Tabelle 17

Tabelle 21

Molares Verhältnis kurzkettiger Fettsäuren und Acetat/Propionat-Verhältnis im Panseninhalt von Gansen aus dem Gebiet Berchtesgaden, 1972

Tier Nr.	Ac	Pr	Bu	i-Bu	Va	i-Va ⁺	Ac/Pr
(Mol %)							
14/72	66,41	20,09	10,21	0,49	0,58	2,22	3,31
15/72	60,36	23,55	10,58	0,44	0,67	4,40	2,56
18/72	61,49	21,77	9,27	0,44	0,33	6,70	2,82
20/72	62,82	21,97	10,48	0,51	1,13	3,09	2,86
Mittelwert	62,77	21,85	10,14	0,47	0,68	4,10	2,89
Streuung ±	2,63	1,42	0,60	0,04	0,33	1,95	0,31

+ Abkürzungen siehe Tabelle 17

5.4. Produktion kurzkettiger Fettsäuren und Energiegewinn aus deren Gesamtproduktion

Die Ermittlung der Produktionsraten kurzkettiger Fettsäuren im Panseninhalt wurde bei 2 - 3 Tieren jeder Gruppe durchgeführt. Die folgenden Tabellen 22 - 25 bringen einen Überblick über die gefundenen Werte.

5.4.1. Produktionsraten kurzkettiger Fettsäuren

Die Benennungen sind auf kg Panseninhalt und auf die Inkubationsdauer von einer Stunde bezogen. Bei 3 Tieren ließ sich kein rechnerischer Wert für eine Produktion von Valeriansäure finden.

Besonders bei Betrachtung der Gesamtproduktion kurzkettiger Fettsäuren fallen zwischen den einzelnen Tieren Unterschiede auf, die fast bis zum dreifachen von Einzelwerten gehen. Die Werte reichen von rund $35 - 90 \text{ mMol/kg} \times \text{h}^{-1}$. Offensichtlich war die Bildung kurzkettiger Fettsäuren im Pansen bei den Wintertieren höher, als bei den im Sommer erlegten. Der prozentuale Anteil von Propionat an der gesamten Säureproduktion ist bei Gams $3/72$ im Vergleich zu den übrigen Tieren stark erniedrigt, die Butyratproduktion jedoch relativ erhöht.

5.4.2. Gesamtproduktion kurzkettiger Fettsäuren im Pansen

Sie wird in Tabelle 23 wiedergegeben und errechnet sich folgemäßig aus den bereits bekannten Produktions-

werten je kg Pansenmasse. Dadurch entstehen jedoch, entsprechend der unterschiedlichen Pansenfüllung der Einzeltiere Absolutwerte, die miteinander nicht mehr vergleichbar sind. Sie reichen z.B. bei Acetat von ca. 54 - 245 mMol $\times h^{-1}$. Unter Ausnutzung der Energieäquivalente der einzelnen kurzkettigen Fettsäuren lassen sich diese Daten zur Errechnung der Energie verwenden, die aus der Fettsäureproduktion stammt.

5.4.3. Kalorisches Äquivalent

Aus der je Stunde im Pansen produzierten Menge kurzkettiger Fettsäuren lassen sich unter Verwendung der betreffenden Energieäquivalente die jeweils entsprechenden Energiebeträge errechnen. In Tabelle 24 sind diese Werte wiedergegeben. Bei allen Tieren stammte der größte Energieanteil aus der Acetatproduktion mit einem Anteil von fast der Hälfte der Gesamtenergielieferung. Propionat und Butyrat folgen zu je etwa gleich großen Teilen. Der aus dem Vorhandensein von Valerianat stammende Energiebetrag schwankt erheblich.

Tabelle 25 bringt den Vergleich zwischen dem kalorischen Äquivalent aus der Produktion kurzkettiger Fettsäuren und dem Erhaltungsbedarf des jeweiligen Tieres. Bei sechs Tieren sind kalorisches Äquivalent und Erhaltungsbedarf ungefähr gleich groß (0,8-1,3 faches). Bei 4 Tieren wird der Erhaltungsbedarf um das 2,1 - 2,7 fache überschritten.

Zur Berechnung des Erhaltungsbedarfs wurde die Grundumsatzformel nach Kleiber $B = 70 \times G^{0,75}$ verwendet, wobei B = Kcal Wärmeverlust/d und G = Körpergewicht in kg bedeuten.

Tabelle 22

Produktionsraten kurzkettiger Fettsäuren

Tier Nr.	(nmol/kg x h ⁻¹)				
	Ac	Pr	Bu	Va	Gesamt
4/7c	25,4	4,7	4,9	+	35,0
11/7o	30,9	7,4	10,1	+	48,4
6/71	51,5	13,1	8,4	5,7	78,6
12/71	27,6	7,1	8,7	+	43,4
19/71	29,1	10,6	7,0	1,5	48,1
3/72	28,9	1,4	4,1	0,1	34,5
9/72	53,8	8,6	8,6	3,1	74,0
14/72	25,2	11,5	3,9	0,1	40,6
18/72	31,7	15,7	9,6	4,9	61,8
20/72	59,6	14,4	11,7	4,4	90,1
Mittelwert	36,4	9,4	7,7	2,8	55,5
Streuung ±	13,1	4,5	2,7	2,3	19,6

+ kein rechnerischer Wert

Tabelle 23

Gesamtproduktion kurzkettiger Fettsäuren im Pansen

Tier Nr.	Ac	Pr	Bu	Va
	(mMol x h ⁻¹)			
4/70	104,5	19,1	20,3	+
11/70	54,1	12,9	17,6	+
6/71	188,5	48,0	30,6	20,8
12/71	132,5	34,0	41,9	+
19/71	69,0	25,1	16,5	3,5
3/72	92,5	4,5	13,2	0,3
9/72	245,3	39,0	39,2	14,1
14/72	115,4	52,9	17,8	0,4
18/72	169,3	83,9	51,4	26,0
20/72	154,9	37,5	30,4	11,4
Mittelwert	132,6	35,7	27,9	10,9
Streuung ±	58,3	22,8	12,9	10,1

⁺ keine meßbare Produktion

Tabelle 24

Kalorisches Äquivalent aus der Gesamtproduktion
kurzkettiger Fettsäuren

Tier Nr.	Ac	Pr	Bu	Va
(Kcal x h ⁻¹)				
4/70	21,8	7,0	10,6	+
11/70	11,3	4,7	9,2	+
6/71	39,4	17,6	16,0	14,2
12/71	27,7	12,5	21,9	+
19/71	14,4	9,2	8,7	2,4
3/72	19,3	1,6	6,9	0,2
9/72	51,3	14,3	20,6	9,6
14/72	24,1	19,4	9,3	0,3
18/72	35,4	30,8	26,9	17,7
20/72	32,4	13,8	15,9	7,8
Mittelwert	27,7	13,1	14,6	7,4
Streuung ±	12,2	8,4	6,8	6,9

+ keine meßbare Produktion

Tabelle 25

Kalorisches Äquivalent aus der Gesamtproduktion kurzkettiger Fettsäuren im Vergleich zum Erhaltungsbedarf der Gemsen

Tier Nr.	Metabolische Körpergröße (kg ^{0,75})	Kalorisches Äquivalent (Kcalxh ⁻¹)	Erhaltungs- bedarf * (Kcalxh ⁻¹)	Kalorisches Äquivalent (%) ⁺
4/70	12,8	39,5	37,4	106
11/70	10,2	25,3	29,8	85
6/71	11,2	87,2	32,8	266
12/71	15,9	62,1	46,4	134
19/71	10,9	34,6	31,8	109
3/72	11,5	28,1	33,6	84
9/72	14,4	95,7	42,0	228
14/72	14,2	53,1	41,5	128
18/72	13,9	110,9	40,6	273
20/72	11,2	69,8	32,6	214
Mittelwert	12,6	60,6	36,9	163
Streuung ±	1,9	29,9	5,1	75

* nach Kleiber: $B = 70 \times \text{kg}^{0,75}$

+ in Prozent des Erhaltungsbedarfs

6. DISKUSSION

Gemsen sind tagaktive Tiere und haben einen in bestimmtem Rhythmus ablaufenden Tagesverlauf. Nach Hofmann (1972) fällt die Hauptäsungsaktivität im Sommer auf die erste Tageshälfte, im Winter auf den Mittag und die Abendstunden. Briedermann (1961) fand im Sommer eine Äsungsperiode von 6 - 10 Uhr für 90% und von 10 - 17 Uhr für nur mehr 30 - 40% aller Tiere eines Bestandes. Diese lange zeitliche Ausdehnung der Nahrungsaufnahme führte bei den vorliegenden Untersuchungen zu Panseninhaltsgewichten, die auf das Körpergewicht bezogen, ziemlich variieren. Der Mittelwert, der im Sommer geschossenen Tiere, lag bei 11,8% des Körpergewichts und damit unter dem der Wintertiere mit 14,3%. Der höhere Durchschnitt der Werte bei den Wintertieren erklärt sich u.a. aus dem vorher gesagten, da sämtliche Tiere nachmittags zwischen 12 und 17 Uhr geschossen wurden. Darüber hinaus deutet die größere Pansenfüllung der Wintertiere auf die in dieser Jahreszeit gröber strukturierte Zusammensetzung der Nahrung hin, die folglich auch schlechter verdaulich wird. Der Vergleich zu Daten vom Rotwild bringt für die im Sommer erlegten Gemsen niedrigere relative Panseninhaltsgewichte. Dies dürfte zu der Annahme berechtigen, daß diese mehr zur Gruppe der "Selektierer" gehören, als das Rotwild, das eher nach Art der Rinder grast.

Die im Pansen von Wiederkäuern vorliegende Konzentration kurzkettiger Fettsäuren hängt weitgehend von der Masse des aufgenommenen Futters, den Fütterungsintervallen, der Aktivität der Mikroorganismen und der Resorptionsgeschwindigkeit der kurzkettigen Fett-

säuren ab und liegt bei unseren Hauswiederkäuern unter den meisten Fütterungsbedingungen zwischen 80 und 120 mMol/l (Bath und Rook, 1965).

Die Tiere, von denen die zu vorliegender Untersuchung verwendeten Proben stammten, kamen aus dem Hochschwab und den bayerischen Alpen und somit aus verschiedenen Biotopen. Ein Einfluß dieser unterschiedlichen Biotope wird jedoch im Ergebnis der Arbeit nicht signifikant deutlich. Mit Ausnahme von 4 Wintertieren wurden alle übrigen im August erlegt. Die gemessenen Konzentrationswerte kurzkettiger Fettsäuren je kg Panseninhalt lagen im Sommer mit ca. 140 - 180 mMol/kg über den Vergleichswerten von Hauswiederkäuern bei Weidegang. Die niedrigeren Zahlen der Wintertiere kamen diesen mit durchschnittlich 125 mMol/kg wesentlich näher. Eine gute Übereinstimmung zeigt der Vergleich mit den von Drescher-Kaden (1975) gefundenen Zahlen, die für den Sommer ebenfalls höher sind als im Winter und die mit denen von Rotwild aus dem gleichen Gebiet korrespondieren.

Die größere Menge des im Sommer zur Verfügung stehenden Futters mit einem hohen Anteil leicht vergärbarer Kohlenhydrate und eine höhere Anzahl Bakterien und Protozoen im Pansen, dürften für den größeren Betrag an kurzkettigen Fettsäuren je kg Panseninhalt im Sommer, gegenüber dem Winter, verantwortlich sein. Nicht übersehen werden darf die Bedeutung der Zeitspanne, die zwischen dem Tod eines Tieres und dem Probenansatz in vitro lag. Je länger dieser Zeitraum ist, um so mehr reichern sich die kurzkettigen Fettsäuren an und um so niedriger wird der pH-Wert, da die Pansenfermentation fortschreitet, jedoch keine Passage und

Resorption mehr stattfinden. Drescher-Kaden (1975) fand im Sommer im Durchschnitt um 20% höhere Konzentrationen kurzkettiger Fettsäuren im Panseninhalt von Gemsen, bei denen die Probenahme erst nach ungefähr einer Stunde post mortem erfolgte, im Gegensatz zu sofort nach dem Tode entnommenen Proben. Aus den Werten der eigenen Messungen, die in den Tabellen 12 - 16 enthalten sind, konnte eine statistische Absicherung dieses Befundes nicht erfolgen.

Der Zeitpunkt der Probenahme in Bezug zur momentanen Aktivitätsphase eines Tieres beeinflusst die Höhe der Konzentration kurzkettiger Fettsäuren nicht unbedeutend. Nach Versuchen von Gray et al. (1967) ist bei beispielsweise nur zweimaliger täglicher Fütterung von Versuchsschafen kurz nach der Futteraufnahme ein Spitzenwert der Fettsäurekonzentration im Panseninhalt zu erwarten, der wieder abflacht. Bei häufigen Fütterungsintervallen bleibt diese Erscheinung aus. Das bedeutet für die untersuchten Gemsen, daß nach Ablauf einer Äsungsperiode sicher höhere Konzentrationen kurzkettiger Fettsäuren vorlagen, als vor der nächsten. Dies dürfte die erhaltenen Variationen ebenfalls mit erklären.

Nach Untersuchungen an Hauswiederkäuern treten tagesezeitliche Unterschiede im Fermentationsmuster auf. In der Periode kurz nach Futteraufnahme werden erst die leicht vergärbaren Kohlenhydrate abgebaut (z.B. Stärke, Monosaccharide), wodurch mehr Propionat entsteht und dann die pflanzlichen Zellwandbestandteile (Zellulose), wodurch vergleichsweise mehr Acetat gebildet wird (Balch und Rowland, 1957). Neben der chemischen Beschaffenheit beeinflusst auch

die Futterstruktur (Gräser, Kräuter, Holz) das molare Verhältnis der kurzkettigen Fettsäuren (Rook, 1964). So findet sich z.B. nach Fütterung von gemahlenem Heu ein engeres Acetat/Propionat-Verhältnis, als nach Fütterung von langfaserigem. Das relativ weite Acetat/Propionat-Verhältnis bei unseren Gemsen aus dem August spricht dafür, daß zu dieser Jahreszeit die Verholzung der verfügbaren Nahrung schon ziemlich weit fortgeschritten war und die Tiere sich mit nicht mehr optimalem Futter begnügen mußten.

Ganz im Gegensatz dazu steht das Acetat/Propionat-Verhältnis von nur 2,9 der anfangs Dezember 1972 geschossenen Gemsen. Eine so enge Beziehung, wie sie gerade bei diesen Tieren zu finden war, ist schwer erklärlich. Sie könnte womöglich von einer vermehrten Zufuhr von Kohlenhydraten, die leichter verdaulich sind als Zellulose (z.B. Zucker, Fructosane), herrühren, wie sie zwar normalerweise in dieser Jahreszeit nicht erwartet werden sollte. Es liegen aber Beobachtungen vor (Raesfeld, 1964 und 1965), daß wildlebende Tiere, wie z.B. Rotwild und Reh in einzelnen Jahren im Herbst und auch noch zu Anfang des Winters, Buchen- und Eichelmast in größerem Umfang aufnehmen. Bei dieser Art von Futter ist ein enges Acetat/Propionat-Verhältnis der kurzkettigen Fettsäuren im Panseninhalt, wie schon aus der Literaturbetrachtung hervorgeht, die Folge des Fermentationsverlaufs. Bei den untersuchten Gemsen handelte es sich zudem um Tiere, die zu Anfang eines besonders sonnigen Winters mit wenig Schnee, aber Frost, geschossen wurden, so daß ein besserer Aufschluß dieser Nahrung im Reticulorumen, die zuvor dem Frost ausgesetzt war, durchaus denkbar erscheint.

Drescher-Kaden (1975) fand gerade im Panseninhalt, der im Winter 1972 untersuchten Tiere, weniger Rohfaser (31% der Trockensubstanz), dafür mehr Rohprotein (19% der Trockensubstanz) und relativ höhere Konzentrationen N-freier Extraktstoffe. In vergleichbaren ungünstigeren Wintermonaten lagen diese Werte bei 36 - 40% für den Rohfaser- und 13 - 15% in der Trockensubstanz für den Rohprotein-gehalt. So fanden sich z.B. im Pansen von Gams 14/72 neben Gras viele Kräuter, vor allem Alpenrosen und nur wenig Nadelholz. Diese Tatsachen machen das niedrige Acetat/Propionat-Verhältnis für diese Winter-tiere erklärbar und auch die relativ hohe Produktion kurzkettiger Fettsäuren, von der später noch zu reden sein wird. Im Gegensatz zu Hauswiederkäuern, bei denen, aus der Kenntnis der aufgenommenen Nahrung und des Gärungsmusters der kurzkettigen Fettsäuren, rückblickend auf den Zeitpunkt der vorausgegangenen Nahrungsaufnahme geschlossen werden kann, bleibt uns dieser Schritt bei den freilebenden Gamsen verwehrt. Diesbezügliche Angaben werden immer der subjektiven Beobachtung vorbehalten bleiben.

Messungen der Produktion kurzkettiger Fettsäuren an wildlebenden Tieren sind mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden, gerade bei Gamsen in ihrem teils nur schwer zugänglichen Lebensraum. Das Erlangen von Proben und deren möglichst schonende Behandlung, vom Erlegen eines Tieres bis zum Ansatz in vitro, brachten oft große Probleme mit sich. Die bei den untersuchten Gamsen aufgetretenen Produktionsraten von ca. 35 - 90 mmol/kg x h⁻¹ liegen insgesamt über den, von Hauswiederkäuern bekannten Werten, diejenigen der Winter-tiere wider Erwarten über denen der Sommertiere. Aus

den auf Seite 60 geschilderten Gründen, sind die hohen Produktionsraten im Dezember erklärbar. Allgemein können hohe Pansenfermentationsraten durch eine hohe Gesamtmenge leicht vergärbare Kohlenhydrate in der Nahrung erreicht werden, wozu deren leicht aufschließbare Struktur wesentlich beiträgt. Im Pansen leicht zerfallendes Futter wird von den Mikroorganismen schneller abgebaut.

Variationen in der Höhe der Beträge der Fermentationsraten werden u.a. von der tageszeitlichen Probenahme beeinflusst. So ist zu vermuten, daß hohe Produktionsraten kurz nach der Äsungsaufnahme auftreten und niedere, längere Zeit nach dieser. In der Regel dürfte bei in vitro-Arbeiten im Gelände die tatsächliche Produktion kurzkettiger Fettsäuren in vivo unterschätzt werden, da der mikrobielle Nahrungsabbau post mortem ständig fortschreitet, die Menge des vorhandenen Substrats jedoch laufend abnimmt.

Eine artenreiche und zahlenmäßig starke mikrobielle Population beeinflusst den Umfang der Pansenfermentation ebenfalls entscheidend. Die Bakterien- und Protozoenzahlen im Panseninhalt, der von Drescher-Kaden (1975) untersuchten Gansen, sind mit $50 \times 10^9/\text{g}$ bzw. $1450 \times 10^3/\text{g}$ für den Sommer und $40 \times 10^9/\text{g}$ bzw. $700 \times 10^3/\text{g}$ für den Winter beträchtlich. Die Konzentration der Pansenmikroben im Sommer liegt insgesamt über derjenigen im Winter. Die Übereinstimmung zwischen einer hohen Zahl Pansenmikroben und hohen Produktionsraten kurzkettiger Fettsäuren, bzw. einer niedrigen Besiedlungsdichte und geringen Produktionsraten, ist besonders bei den Tieren 20/72 und 3/72

augenfällig. Für Gams 20 aus dem Dezember 1972 wurden 1430×10^3 Protozoen/g Panseninhalt und eine Produktionsrate von $90,0 \text{ mMol/kg} \times \text{h}^{-1}$ ermittelt.* Extrem dazu liegen die Werte für das Sommertier 3/72 mit: Pansenbakterien $10 \times 10^9/\text{g}$, Protozoen $73 \times 10^3/\text{g}$ und einer Produktionsrate von $34,5 \text{ mMol/kg} \times \text{h}^{-1}$.

Die aus der Produktion kurzkettiger Fettsäuren für die Gamsen gewinnbare Energie wurde überschlagsmäßig als das 0,8 - 2,7-fache des Erhaltungsbedarfs unter Verwendung der Kleiber'schen Grundumsatzformel berechnet. Der über den Erhaltungsbedarf hinausgehende Anteil steht dem Körper für weitere physiologische Funktionen, wie z.B. für die Ortsbewegung zur Verfügung. Weitere Energiebeträge können zur Bildung von Depotfett verwendet werden. Dabei ist zu beachten, daß jahreszeitlich bedingte Temperaturänderungen vom Organismus weitgehend ausgeglichen werden, d.h., daß der Energieverbrauch im Winter nicht wesentlich über dem des Sommers liegt (Silver et al., 1971).

Für die Steigleistung, wie sie bei Gamsen häufig vorkommt, verbraucht ein Tier im Vergleich zur Fortbewegung in der Horizontalen wesentlich mehr Energie. Clapperton (1964) wies an Schafen einen um 36% erhöhten Bedarf bei der Fortbewegung auf einer Steigung von $5^\circ 07'$ gegenüber der in der Ebene nach. Den Energieverbrauch von Schafen bei Fortbewegung in der Ebene bezifferte er mit $0,59 \text{ cal/m} \times \text{kp}$. Dessen ungeachtet konnte White (1974) vergleichend für Ren und Mensch feststellen, daß ein adaptierter Organismus zur gleichen Leistung weniger Energie verbraucht, wie ein kurzfristig in diese Umgebung hineingestellter.

* Zahl der Pansenbakterien nicht bekannt

Obwohl die reine Lokomotion bei Gamsen, außer Kitzen, im Sommer denkbar gering ist (Briedermann, 1961) können kurzfristige Standortveränderungen von 500 Höhenmetern durchaus vorkommen (Krämer, 1965). Für eine Gamsse von 40 kg Körpergewicht, wie z.B. Tier 12/71, wäre hierzu die absolute Arbeit von 20 000 m x kp zu erbringen, was einem Energieaufwand von 47 Kcal entspräche (Geigy, 1969). Erfolgte diese Arbeit im Verlauf von 15 Minuten, so käme das einer Leistung von 188 Kcal x h⁻¹ gleich. Das würde für dieses Tier, mit einer berechneten Energieproduktion von 62,1 Kcal x h⁻¹ (siehe Tabelle 25), eine kurzfristige Leistung von mehr als dem Dreifachen dieses Betrages bedeuten.

Daß solche Leistungen nicht die Regel sind, zeigt sich aus der Tatsache, daß dem Körper über den Tagesbedarf hinaus Energie zum Ansatz von Depotfett verbleibt. Der für Gams 12/71 aus der Produktion kurzkettiger Fettsäuren im Pansen berechnete Energiebetrag von 62,1 Kcal x h⁻¹, entspricht bei diesem Tier 134% des Erhaltungsbedarfs. Der Energieverlust, der Wiederkäuern aus der Bildung von Methan im Verlauf der Pansengärung entsteht, liegt bei 8% (Blaxter, 1962). Zieht man den Erhaltungsbedarf von 46,4 Kcal x h⁻¹ und den Gärungsverlust von umgerechnet 5,0 Kcal, von der Gesamtenergie aus der Fermentation kurzer Fettsäuren ab, so bleibt ein Restenergiebetrag von 10,7 Kcal x h⁻¹, der für den Ansatz von Depotfett, als Energiespeicher Verwendung finden könnte. Der Nutzeffekt kurzkettiger Fettsäuren für die Fettsynthese liegt z.B. bei rohfaserreicher Nahrung bei 30% (Blaxter, 1962). Das ergibt schließlich einen verbleibenden Energiebetrag von 3,2 Kcal x h⁻¹ bzw. von 76,8 Kcal/Tag für die Einlagerung von Depotfett. Für den

Ansatz von 1 kg Depotfett mit einem Brennwert von 9300 Kcal (Blaxter, 1962) wären dann ca.121 Tage nötig.

Diese Überlegungen können nur Annahmen sein, da sie davon ausgehen, daß sich das so betrachtete Tier mit seinen Energieausgaben auf der Höhe des Erhaltungsbedarfs befindet, was der Wirklichkeit nicht entspricht.

Depotfettmengen in der Größenordnung bis zu 2,5 kg, in Form von Gekröse- und Nierenfett, kamen bei den, im August erlegten Böcken, durchaus vor. Da nach Ende eines strengen Winters, in dem der Substanzverlust bis zu 20% des Körpergewichts beträgt (Knaus und Schröder, 1975), zuerst dieser wieder ergänzt wird, bleibt für den Fetteinbau ein nur kurzer Zeitraum zur Verfügung. Weibliche Tiere benötigen darüber hinaus Energie für Gravidität und Laktation, bzw. Jungtiere für ihr Wachstum. Es sind also beträchtliche Energiemengen aus der Produktion kurzkettiger Fettsäuren im Pansen nötig, um diese Leistungen zu erbringen.

Gerade die hohen Produktionsraten kurzkettiger Fettsäuren bei den Dezember-Tieren lassen darauf schließen, daß diese durchaus noch nicht unter Hunger zu leiden hatten, sondern daß der Körper noch ansetzte, d.h. es ging diesen Gamsen relativ gut. Insbesondere für Böcke, die nach der, Ende November bis Anfang Dezember stattfindenden Brunft, über keinerlei Energiereserven mehr verfügen, ist diese Tatsache lebensnotwendig, um eine lange Winterperiode überstehen zu können.

7. ZUSAMMENFASSUNG

Im Verlauf von 3 Jahren wurden an 38 Gensen aus den bayerischen und österreichischen Alpen verdauungsphysiologische Untersuchungen vorgenommen. Nur 4 Tiere wurden im Winter, die übrigen im August erlegt. Die Mehrzahl der Tiere kam in den Morgenstunden und am späten Nachmittag zur Strecke.

Im Rahmen der Versuche wurden Körpergewicht der getöteten Tiere, Gewicht des Panseninhalts und Wasserstoffionenkonzentration im Panseninhalt festgestellt. In Extrakten des Panseninhalts wurden die Konzentrationen der kurzkettigen Fettsäuren zur Bestimmung des Gärungsmusters und bei einem Teil der Tiere zur Ermittlung der Gesamtproduktion gemessen. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Die Körpergewichte aller Tiere lagen im Mittel bei 28,4 kg, wobei die Gensen mit den geringsten Gewichten (23,7 kg) aus dem Raum Berchtesgaden (1970) stammten. Das durchschnittliche Gewicht des Panseninhalts betrug 3,4 kg und damit 12,3% des jeweiligen Körpergewichts. Die Wasserstoffionenkonzentration im Panseninhalt lag bei pH 6,3.
2. Die Gesamtkonzentration kurzkettiger Fettsäuren im Panseninhalt der im Sommer erlegten Tiere lag bei 162,3 mMol/kg mit einem

molaren Verhältnis von Essigsäure : Propionsäure : Buttersäure = 66,7 : 17,8 : 12,6 . Auf Valeriansäure und verzweigtkettige Fettsäuren entfielen 2,9 Mol%. Das Mittel bei den im Winter geschossenen Tieren betrug 125,2 mMol/kg Panseninhalt, mit einem molaren Verhältnis von Essigsäure : Propionsäure : Buttersäure = 62,8 : 21,9 : 10,6. Auf Valeriansäure und verzweigtkettige Fettsäuren entfielen 4,8 Mol%. Eine statistische Absicherung der im Sommer und Winter erzielten unterschiedlichen Werte konnte nicht erfolgen.

3. Die Messungen der Produktion kurzkettiger Fettsäuren im Panseninhalt bei 10 Tieren erbrachten einen Durchschnitt von 55,5 mMol/kg $\times$ h⁻¹. Die aus der Produktion kurzkettiger Fettsäuren im Panseninhalt berechnete Energie belief sich auf durchschnittlich das 1,6-fache des jeweiligen Erhaltungsbedarfs.

Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, daß der größte Teil des Energiebedarfs der Gens im Hochgebirge aus der Produktion kurzkettiger Fettsäuren im Pansen bereitgestellt wird.

S U M M A R Y

During a period of 3 years, investigations on digestive physiology were made in 38 chamois from the Bavarian and Austrian Alps. Four of the animals were collected in winter, the others in August. Most of the animals were obtained in the morning and late afternoon.

Body weight and weight of rumen contents of the killed animals were measured. The rumen content of each chamois was sampled for pH. The concentrations of volatile fatty acids (VFA) were examined in extracts of rumen contents in order to determine the fermentation-pattern and to estimate total VFA production. Following results were obtained:

1. The average body weight was 28,4 kg. Chamois from Berchtesgaden (1970) weighed only 23,7 kg. The average weight of rumen contents was 3,4 kg, or 12,3% of respective body weight. The level of pH in rumen contents averaged 6,3.
2. The mean total concentration of rumen VFA of the animals from summer was 162,3 mMol/kg with a proportion of acetate : propionate : butyrate = 66,7 : 17,8 : 12,6. The level of valerate was about 2,9 Mol%. The average of the chamois, shot in winter was 125,2 mMol/kg with a proportion of acetate : propionate : butyrate = 62,8 : 21,9 : 10,6. The level of valerate was about 4,8 Mol%. The differences between values from summer and winter were statistically non significant.

3. By measuring production rates of VFA in rumen contents of 10 animals we obtained an average value of $55,5 \text{ mMol/kg} \times \text{h}^{-1}$. The mean energy equivalent of rumen VFA production was calculated to the 1,6 fold of the expected daily requirement of maintenance.

The results allow the conclusion that the main proportion of the energy requirements of chamois in the high mountain area is covered by rumen VFA production.

8. L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

- Allo, A.A., J.H. Oh, W.M.Longhurst u.
G.E. Connolly, 1973
J.Wildl.Manage. 37, 202
- Balch, D.A. u. S.J.Rowland, 1957
Brit. J.Nutr. 2, 288
- Bath, J.H. u. J.A.F. Rook, 1965
J. Agric. Sci. 64, 67
- Blaxter, K.L., 1962
The Energy Metabolism of Ruminants
Hutchinson Scientific and Technical,
London
- Boch, J.u. W.Nerl, 1966
Gamsräude
F.C. Mayer Verlag, München
- Briedermann, L., 1961
Z. Jagdwiss. 7, 139
- Brüggemann, J., D.Giesecke und K.Kärst, 1963
Transact. VIth Congr.Int.Union of Game
Biologists, Bournemouth, S. 139
- Brüggemann, J., D.Giesecke u.K.Walser-Kärst, 1967
Transact. VIIIth Congr.Int.Union of Game
Biologists, Helsinki, S.313
- Brüggemann, J., D.Giesecke u.K.Walser-Kärst, 1967
Z.Tierphysiol. Tierernähr.Futtermittelk.
23, 143

- Brüggemann, J., U.Drescher-Kaden, R.Schubert,
H.Erbersdobler u.D.Giesecke, 1972
Transact. I st Int.Reindeer/Caribou
Symposium University of Alaska, Fair-
banks, Alaska U.S.A.
- Calesta de, D.S., J.G.Nagy u. J.A.Bailey, 1974
J. Wildl.Manage. 38, 815
- Carroll, E.J. u. R.E. Hungate, 1954
Appl. Microbiol. 2, 205
- Church, D.C., 1969
Digestive Physiology and Nutrition of
Ruminants
Book Stores, Corvallis, Vol 1, O.S.V.
- Clapperton, J.L., 1964
Brit. J. Nutr. 18, 47
- Colenbrandner, V.F., E.E.Bartley, J.L.Morrill,
C.W.Deyoe u. H.B.Pfost, 1967
J.Dairy Sci. 50, 1966
- Demeyer, D.J. u. D.Giesecke, 1973
in: D.Giesecke u. H.K.Henderickx:
Biologie und Biochemie der mikro-
biellen Verdauung, S.135
BLV Verlagsgesellschaft, München-Bern-Wien
- DJV Handbuch 1974
Herausgeber: Deutscher Jagdschutzverband

Documenta Geigy, 1969

Wissenschaftliche Tabellen

J.R.Geigy A.G., Pharma, Basel

Doetsch, R.N., R.Q.Robinson u. J.C.Shaw, 1952

J.Anim. Sci. 11, 536

Drescher-Kaden, U., 1975

Nahrungswahl, mikrobielle Besiedlung und
biochemische Leistungen der Mikroorganismen
im Ruminoreticulum der Gemsen
z.Zt. in Vorbereitung

Felber, L., 1968

med.vet. Diss. München

Fuschlberger, H. u. W.Nerl, 1969

Das Gamsbuch

F.C. Mayer Verlag, München

Giesecke, D., 1967

Z.Tierphysiol.Tierernährung. Futtermittelk.
22, 354

Giesecke, D. u. N.O.Van Gylswyk, 1975

J. agric. Sci 85, 75

Gray, F.V., 1947

J. exp. Biol. 24, 15

Gray, F.V., R.A.Weller, A.F.Pilgrim u.

G.B.Jones, 1967

Austr. J.Agric. Res. 18, 625

in: D.Giesecke u. H.K.Henderickx:
Biologie und Biochemie der mikrobiellen
Verdauung, S.135

BLV Verlagsgesellschaft, München-Bern-Wien

- Hale, E.B., C.W.Duncan u. C.F.Hufmann, 1947
J.Nutr. 34, 747
- Henderickx, H.K. u. D.Giesecke, 1973
in: D.Giesecke u. H.K.Henderickx:
Biologie und Biochemie der mikrobiellen
Verdauung, S.126
BLV Verlagsgesellschaft, München-Bern-Wien
- Hodson, H.H., A.D.Mc Gilliard, N.L.Jacobson
u. R.S.Allen, 1965
J. Dairy Sci. 48, 1652
- Hofmann, A. u. B. Nievergelt, 1972
Z. Jagdwiss. 18, 185
- Hörnigke, H., 1964
Z.Tierphysiol.Tierernähr.Futtermittelk.
19, 12
- Hungate, R.E., 1966
The Rumen and its Microbes
Academic Press, New York-London
- Kameoka, K. u. H.Morimoto, 1959
J. Dairy Sci. 42, 1176
- Knaus, W. u. W. Schröder, 1975
Das Gamswild
Verlag Paul Parey, Hamburg-Berlin
- Krämer, A., 1965
Transact. VIIth Congr.Int.Union of Game
Biologists, Belgrad

- Kaufmann, W. u. K.Rohr, 1967
Z.Tierphysiol.Tierernähr.Futtermittelk. 22, 1
- Kay, R.N.B., 1966
World Review of Nutrition and Dietetics 6, 292
- Leng, R.A. u. D.J. Brett, 1966
Brit. J. Nutr. 20, 541
- Leng, R.A., J.W.Steel u. J.R.Luick, 1967
Biochem. J. 103, 785
- Maloiy, G.M.O. u. R.N.B.Kay, 1971
Quart.J.Exp. Physiol 56, 257
- Meteorologisches Landesamt Wien, 1971
mündliche Mitteilung
- Nagy, J.G., G.Vidacs u. G.M.Ward, 1967
J. Wildl.Manage. 31, 443
- Nagy, J.G. u. G.L.Williams, 1969
J. Wildl.Manage. 33, 437
- Underscheka, K., 1974
Gamssymposium Oberammergau, Okt.1974
z.Zt. im Druck
- Underscheka, K. u. H.R.Jordan, 1974
Gamssymposium Oberammergau, Okt. 1974
z.Zt. im Druck
- Otto, E., 1958
Biometrie
Dtsch.Bauernverlag, Berlin

- Popjak, G., T.H.French, G.D.Hunter u.
A.J.P.Martin, 1951
Biochem. J. 48, 612
- Prins, R.A. u. M.J.H.Geelen, 1971
J.Wildl.Manage. 35, 673
- Raesfeld von, F., 1964
Das deutsche Waidwerk
Verlag Paul Parey, Hamburg-Berlin
- Raesfeld von, F., 1965
Das Rehwild
Verlag Paul Parey, Hamburg-Berlin
- Rook, J.A.F., 1964
Proc. Nutr. Soc. 23, 71
- Schröder, W., 1971
rer.nat.Diss., Göttingen
- Short, H.L., 1963
J.Wildl.Manage. 27, 184
- Short, H.L., D.E.Medin u. A.E.Anderson, 1966
J.Wildl.Manage. 30, 466
- Short, H.L., 1971
J.Wildl.Manage. 35, 698
- Silver, H., J.B.Holter, N.F.Colovos u.
H.H.Hayes, 1971
J.Wildl.Manage. 35, 37
- Smith, H.M., 1922
Publ.Carneg. Instr.No.309
zitiert nach J.L.Clapperton, 1964
in: Brit. J. Nutr. 18, 47

- Stevens, C.E., 1970
Physiology of Digestion and Metabolism
in the Ruminant S.101
Oriel Press Limited
- Stewart, W.E., D.G.Stewart u. L.H.Schultz, 1958
J.Anim. Sci. 17, 723
- Tappeiner, H., 1884
Z. Biol. 20, 52
in: D.Giesecke u. H.K. Henderickx:
Biologie und Biochemie der mikrobiellen
Verdauung, S.135
BLV Verlagsgesellschaft, München-Bern-Wien
- Ullrey, D.E., W.G.Youatt, H.E.Johnson, A.B.Cowan,
R.L.Covert u. W.T.Magee, 1972
J.Wildl.Manage. 36, 885
- Warner, A.C.I., 1964
Nutr.Abstr.Rev. 34, 339
- Wetteramt München, Unterlagen des, 1970-72
- White, R.G. u. M.K.Yousef, 1974
Progress Report 1974, A.E.C.Contract:
AT (45-1), S.38
- Wildt, E., 1874
Jahrb. Landwirtschaftsges. 22, 1
in: D.Giesecke u.H.K.Henderickx:
Biologie und Biochemie der mikrobiellen
Verdauung, S.135
BLV Verlagsgesellschaft, München-Bern-Wien
- Yadava, J.S. u. E.E.Bartley, 1964
J.Dairy Sci. 47, 1352

Herrn Professor Dr.Dr.Dr.h.c.mult.

J.Brüggemann danke ich für die Überlassung
des Themas und die ausgezeichneten Arbeits-
bedingungen.

Frau Dr. U.Drescher-Kaden danke ich für die
jederzeit gewährte Unterstützung und Beratung.

Herrn Professor Dr. D.Giesecke gilt mein beson-
derer Dank für seine wertvollen Hinweise, die
zum Gelingen der Arbeit beitrugen, sowie für
seine Ratschläge zur Analytik.

